



# ACTAS



TICAL

CONFERENCIA **2017**  
SAN JOSÉ - COSTA RICA - JULIO

San José, Costa Rica  
Julio | Julho | July 3 - 5, 2017



# **ACTAS TICAL 2017**

Hotel Real Intercontinental, San José, Costa Rica  
3 - 5 de julio de 2017

### **Comité de Programa:**

Alonso Castro Mattei, Costa Rica  
Presidente del Comité de Programa TICAL2017  
Ernesto Chinkes, Argentina  
Presidente Honorario TICAL  
Jussara Issa Musse, Brasil  
Carlos Gabriel Córdova Erreis, Ecuador  
Mario Rafael Ruiz Vargas, El Salvador

RedCLARA (<http://www.redclara.net>)

Fecha en que se terminó la presente edición: 01-09-2017

ISBN: 978-956-9390-08-1

### **Copyright de la presente edición:**



ACTAS TICAL 2017  
San José, Costa Rica.  
3 - 5 de julio de 2017

Texto producido por [RedCLARA](http://www.redclara.net),  
bajo Licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported.

**ACTAS TICAL 2017**  
Hotel Real Intercontinental, San José, Costa Rica  
3 - 5 de julio de 2017



## Índice

PRESENTACIÓN.....	9
SESIÓN INFRAESTRUCTURAS Y DESARROLLO.....	13
Aplicaciones móviles para estudiantes a través de Design Thinking y SCRUM.....	15
Simulador para el simulador: Diseño e implementación de un aplicativo multimedial para el proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90.....	27
Fortalecimiento de la red dorsal de telecomunicaciones de la Universidad de Guadalajara a través de la implementación de nodos de conectividad.....	45
El desarrollo de RANA (Red Anycast de NIC Argentina): un caso de éxito en la colaboración entre múltiples partes interesadas para proyectos de infraestructura crítica.....	57
Estrategia de migración de un Sistema Legado utilizando la Metodología “Chicken Little” aplicada al Sistema de Bedelías de la Universidad de la República de Uruguay .....	77
Despliegue de un Sistema de Almacenamiento Distribuido (Ceph) en el Centro de Datos Universitario. El caso de la Universidad Nacional de Cuyo.....	95
Evolução do Serviço de Monitoramento da RNP .....	113
Experiencia del VNOC UNAM en la implementación de un sistema de videoconferencia distribuido para la Red Nacional de Investigación y Educación en México: VC-CUDI.....	129
Arquitectura de Software basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web.....	149
Migración, sincronización e interoperabilidad entre diversos Servicios de Directorio Activos: Caso de éxito de la Universidad de Costa Rica.....	161
Proyecto Portal de Recursos Humanos Experiencia en la implementación en la Universidad de Buenos Aires.....	177
Desarrollo de un marco de trabajo (framework) para el desarrollo de aplicaciones web en la Universidad Nacional de Costa Rica.....	199
SESIÓN SOLUCIONES TIC PARA LA ENSEÑANZA.....	213
Estratégias de Integração de Tecnologia no Ensino: Uma Solução Baseada em Experimentação Remota Móvel.....	215
Juegos didácticos basados en realidad aumentada como apoyo en la enseñanza de biología.....	231
MOOCs UTPL: Plataforma de Gestión de Aprendizaje Gamificado.....	249
Remote Medical Education in Latin America.....	267
Estrategia de seguimiento a las actividades de aprendizaje de los estudiantes en cursos en línea masivos y privados (MPOC) con reconocimiento académico en la Universidad del Cauca.....	277
ARprende: Una plataforma para realidad aumentada en Educación Superior...297	
SESIÓN GESTIÓN Y GOBERNANZA DE LAS TIC.....	309
A evolução da metodologia e do processo de desenvolvimento de software no CPD da UFRGS.....	311

Gestión de Requerimientos a través del Modelo de Fábrica de Software aplicando Metodologías Ágiles.....	321
Caso de la Universidad de Costa Rica: Implementación de Software Libre, Código Abierto y Formatos Abiertos.....	343
SESIÓN SOLUCIONES TIC PARA LA GESTIÓN.....	363
Soluciones TIC para la Gestión de Procesos de Formación en Investigación: Caso Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín -Colombia.....	365
Distribución del Material Bibliográfico Electrónico a los estudiantes de la Modalidad de Educación Abierta y a Distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja .....	375
Aplicación del Análisis de Datos para la Evaluación y Acreditación de Programas Educativos.....	393
Proyecto Ypografi. Implementación de la Firma Digital en la Universidad de Buenos Aires.....	403
Hacia un sistema de ayuda a la decisión para universidades: Caso de uso de la Universidad de Cuenca .....	417
Simplificando el acceso a las plataformas en la Universidad de Buenos Aires – Integración de Campus Virtual con Sistema de Gestión Académica.....	437
SESIÓN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN.....	459
Plataforma de Gestión de Identidad y Acceso Federado para la Universidad de Cuenca .....	461
Firma Digital en Costa Rica. Caso de Éxito en la Universidad de Costa Rica..	473
Establecimiento de CSIRTs e Processo de Tratamento de Incidentes de Segurança em Instituições Acadêmicas Brasileiras: estudo de caso da parceria CAIS/RNP e UFBA.....	489
SESIÓN SERVICIOS DE VALOR AGREGADO DE REDES ACADÉMICAS AVANZADAS.....	511
Advanced brokering of hybrid clouds to institutions in the Netherlands.....	513
La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones: una plataforma tecnológica al servicio de la comunidad académica.....	525
Gestão e Operação do Serviço de Conferência Web em um cenário de restrição orçamentária.....	535

## **PRESENTACIÓN**



San José de Costa Rica, en el mes de julio de 2017, fue la sede de la séptima Conferencia TICAL, que permitió debatir sobre las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) y su aporte desde distinta áreas y visiones. Una vez más, las experiencias y proyectos muestran un avance sustantivo en la incorporación de las TIC en universidades de la región. Esta publicación presenta 33 trabajos seleccionados y presentados en la Conferencia, sobre un total de 159, que fueron evaluados.

A lo largo de estos siete años, la Conferencia ha ido ampliando los temas abordados con el fin de acoger el avance permanente de las instituciones en la incorporación de TIC y, para ello, cada convocatoria actualiza los ejes temáticos que se privilegian en la Conferencia. En TICAL2016 se definió por primera vez un eje temático exclusivo para recibir las experiencias de las TIC como apoyo a la investigación, a partir de esa experiencia y motivados por los objetivos del Proyecto BELLA (Construyendo el enlace de Europa con América Latina), este año se decidió hacer en forma conjunta con TICAL, el Primer Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, generándose un nuevo espacio para el intercambio de conocimientos y buenas prácticas en el uso de las TIC en las labores de investigación, con vistas a contribuir a la mejora y optimización de la gestión y quehacer de los grupos científicos de la América Latina. El Encuentro agregó 18 presentaciones en ámbitos relevantes de investigación regional, como son Biodiversidad, e-Salud, Medio Ambiente, Astronomía, Arte y Cultura en Red, y Física de Altas Energías, donde se expusieron experiencias de las diversas formas en las que las TIC son empleadas en el desarrollo de la investigación, siendo un aporte al cumplimiento del objetivo por ella perseguido.

La realización de ambos eventos en un espacio compartido, buscaba fortalecer la colaboración e intercambio de conocimientos entre los grupos de investigación convocados al Encuentro de e-Ciencia, la comunidad de Directores de Tecnología y las Redes Nacionales socias y RedCLARA.

Y, como si lo anterior no fuera suficiente para hacer de esta conferencia el espacio de conocimiento e intercambio de experiencias de las TIC de la región, Internet Society (ISOC), realizó también, de manera exitosa, durante la mañana del 3 de julio, el evento

ION Costa Rica, donde los ingenieros de red y líderes de la industria, revisaron diversos temas relacionados con Internet del futuro y los avances en tecnología, y los asistentes obtuvieron respuestas para implementar nuevos estándares y tecnologías en sus propias redes.

El 2017, por primera vez desde su creación, la Conferencia TICAL se transformó así en un escenario único donde todos los actores relevantes en TIC de la región se convocaron durante tres días para colaborar, intercambiar experiencias, ampliar la red de contactos y reconocer problemáticas comunes, buscando responder mejor el desafío de las TIC en nuestras instituciones, países y en la región.

En estas Actas encontrará las experiencias TIC de distintas instituciones de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Japón, México, Países Bajos, y Uruguay, que fueron seleccionadas por el Comité de Programa de TICAL2017 como las más interesantes e innovadoras para ser presentadas en la Conferencia de este año.

Marcela Larenas Clerc  
Gerente de Relaciones Académicas  
RedCLARA

## **SESIÓN INFRAESTRUCTURAS Y DESARROLLO**



## Aplicaciones móviles para estudiantes a través de Design Thinking y SCRUM

Javier Sebastian Apat<sup>1</sup>

1 Director de Tecnología de la Información, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Av.  
Eduardo Madero 399,  
Buenos Aires Argentina, Argentina  
[japat@itba.edu.ar](mailto:japat@itba.edu.ar)

**Resumen.** Las nuevas cohortes de estudiantes universitarios pertenecientes a las últimas generaciones tienen como características comunes, el ser nativos digitales y utilizar múltiples dispositivos digitales móviles para sus actividades. Con el objetivo de poder brindar respuestas a las necesidades de los estudiantes, el ITBA decidió generar una serie de iniciativas para cubrir la brecha que existía entre la concepción tecnológica de la universidad y la demanda latente de los alumnos. Una de las iniciativas fundamentales para construir una universidad “móvil”, fue la creación de una aplicación para teléfonos celulares con un claro enfoque centrado en el estudiante. Para poder afrontar el desafío de alinear las expectativas de los estudiantes con el producto a realizar, se avanzó en la utilización de un proceso de diseño basado en “*Design Thinking*” y la utilización de SCRUM, una de las metodologías ágiles más populares, para la construcción del producto final.

**Palabras Clave:** aplicaciones, móviles, design thinking, scrum, software.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software.

### 1 Introducción

El Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA) fue fundado el 20 de noviembre de 1959, convirtiéndose en una de las primeras universidades privadas creadas en la Argentina.

Con el objetivo de crear una universidad especialmente dedicada a la enseñanza de la Ingeniería y las ciencias vinculadas con el mar, el ITBA comenzó esta historia, en la que se destaca como uno de sus fundadores y principal inspirador el Vicealmirante Carlos A. Garzoni, quien se desempeñó durante varios años como Rector, durante el período de organización y desarrollo inicial de la Universidad.

Las actividades académicas se iniciaron en 1960, cuando la primera promoción comenzó a cursar sus estudios. Con el correr de los años la cantidad de alumnos fue incrementándose de manera significativa y también fueron sumándose diversas especialidades.

La Universidad funcionó en el edificio ubicado en la calle Cuba 1930 de la Ciudad de Buenos Aires. Luego, en 1965, se realizó el traslado al edificio de la Avenida Eduardo Madero 399, donde funciona actualmente. Hoy, la Universidad se expandió y cuenta con varias sedes, como la de la Escuela de Postgrado y la Sede Distrito Tecnológico.

## 1.1 El ITBA en cifras

A lo largo de sus 57 años de historia el ITBA fue creciendo en su matrícula, conservando siempre su objetivo de ser una universidad STEM<sup>1</sup>. Algunos datos<sup>2</sup> a destacar:

- 6481 graduados de carreras de grado
- 2261 graduados de carreras de postgrado
- 2174 alumnos de carreras de grado
- 246 alumnos de carreras de postgrado
- 766 alumnos de programas ejecutivos
- 100 alumnos internacionales
- 25 PHD
- 10 carreras de grado

El cuerpo docente se encuentra integrado por:

- 85 profesores full-time
- 429 profesores part-time

Actualmente la universidad gradúa al 10%<sup>3</sup> del total de Ingenieros de la Argentina.

## 1.2 Departamento de Tecnología de la Información del ITBA

El departamento de TI del ITBA atravesó una fuerte reestructuración en el 2015 con el objetivo de implementar un plan estratégico denominado “Reboot de TI”. El equipo se organizó por capacidades: Nuevas Soluciones, Entrega & Soporte y Planificación & Administración.

Junto con la creación del plan se definieron una serie de lineamientos estratégicos:

- Posicionamiento de TI dentro de la organización
- Tender a un área de TI ágil, enfocada en los objetivos de la organización y con una fuerte cultura de orientación al cliente
- Propiciar la innovación, acompañar las ultimas tendencia y tomar riesgo
- Preferir productos de mercado reconocidos a nivel mundial
- Desarrollar soluciones multiplataforma, disponibles en cualquier momento o lugar
- Foco en la conectividad, la red es lo más importante
- Soluciones en la nube
- Propiciar la tercerización de servicios que no generan ventajas competitivas

## 2 Desarrollo de la aplicación móvil

El proyecto de contar con una aplicación móvil en el ITBA fue aprobado por el Consejo de Regencia<sup>4</sup> e incluido en el portfollio de inversiones de la institución. El

---

<sup>1</sup> STEM: es un acrónimo en inglés de Science, Technology, Engineering and Mathematics que es utilizado para designar las disciplinas académicas

<sup>2</sup> Datos de julio de 2016

<sup>3</sup> Fuente del Ministerio de Educación Argentino en 2016

<sup>4</sup> Máximo órgano directivo del ITBA integrado por 12 consejeros que funciona como Directorio

equipo de TI fue el encargado de llevar adelante la iniciativa de la aplicación móvil, donde en un primer momento se analizaron dos alternativas distintas. La primera consistía en adquirir un producto estándar de aplicaciones móviles para universidades y la segunda realizar un proyecto de desarrollo con la estructura de un producto con la posibilidad de que la misma sea “open source”, pudiendo ser utilizada por otras instituciones.

El análisis de las alternativas tuvo en cuenta que la mayoría de los productos de mercado eran poco versátiles y con interfaces de usuario poco atractivas, por tal motivo TI decidió iniciar el proyecto de desarrollo, respetando los lineamientos estratégicos establecidos en su plan maestro.

El principal desafío era realizar un producto que convenciera a nuestro principal cliente, los estudiantes, por ese motivo, se decidió realizar un proceso de concepción y desarrollo que ponga a los mismos en el centro de la escena.

Con el objetivo de asegurar que el producto a desarrollar fuera aceptado por la comunidad estudiantil, la opinión de los estudiantes debía estar asegurada en todas las etapas del proyecto. Por ese motivo, se pensó en trabajar con dos metodologías, en una primera fase de conocimiento de nuestros estudiantes se decidió trabajar con “*Design Thinking*” y para la construcción del producto la metodología ágil SCRUM.

## 2.1 Design Thinking

“*Design Thinking*” se empezó a desarrollar de forma teórica en la Universidad de Stanford en California (EEUU) a partir de los años 70<sup>5</sup>, y su primera aplicabilidad con fines lucrativos como “*Design Thinking*” la llevó a cabo la consultoría de diseño IDEO<sup>6</sup>, siendo hoy en día su principal precursora.

Es una metodología para generar ideas innovadoras que centra su eficacia en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios (*Fig. 1*). Proviene de la forma en la que trabajan los diseñadores de producto.

---

<sup>5</sup> Los conceptos principales de “*Design Thinking*” están basados en los libros “*The Sciences of the Artificial*” y “*Experiences in Visual Thinking*”

<sup>6</sup> IDEO, fundada por profesor de Standford, David Kelly



**Fig. 1** Design Thinking busca la intersección entre las necesidades de las personas, la factibilidad tecnológica y la estrategia de negocio. (Imagen extraída de <http://designthinking.es>)

El proceso de “*Design Thinking*” se compone de cinco etapas (Fig. 2.):

- EMPATIZAR: requiere una profunda comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución que estemos desarrollando, y también de su entorno. Debemos ser capaces de ponernos en la piel de dichas personas para ser capaces de generar soluciones consecuentes con sus realidades.
- DEFINIR: Durante la etapa de Definición, debemos analizar la información recopilada durante la fase de Empatía y quedarnos con lo que realmente aporta valor y nos lleva al alcance de nuevas perspectivas interesantes. Identificaremos problemas cuyas soluciones serán clave para la obtención de un resultado innovador.
- IDEAR: La etapa de Ideación tiene como objetivo la generación de un sinfín de opciones. No debemos quedarnos con la primera idea que se nos ocurra. En esta fase, las actividades favorecen el pensamiento expansivo y debemos eliminar los juicios de valor. A veces, las ideas más estrambóticas son las que generan soluciones visionarias.
- PROTOTIPAR: En la etapa de prototipar volvemos las ideas realidad. Construir prototipos hace las ideas palpables y nos ayuda a visualizar las posibles soluciones, poniendo de manifiesto elementos que debemos mejorar o refinar antes de llegar al resultado final.
- TESTEAR: Durante la fase de Testeo, probaremos nuestros prototipos con los usuarios implicados en la solución que estemos desarrollando. Esta fase es crucial, y nos ayudará a identificar mejoras significativas, fallos a resolver, posibles carencias. Durante esta fase evolucionaremos nuestra idea hasta convertirla en la solución que estábamos buscando.



**Fig. 2** El proceso de “Desing Thinking” entre las etapas 4-Prototipar y 5-Testear, suceden múltiples iteraciones en conjunto

## 2.2 Metodologías Ágiles: SCRUM

Las metodologías ágiles de software tienen su origen con la firma del manifiesto ágil en el 2001, donde diecisiete<sup>7</sup> de los principales críticos de los modelos de desarrollo de software acordaron principios comunes. De las diferentes metodologías ágiles, la más extendida y popular es SCRUM<sup>8</sup>.

SCRUM es un framework para el manejo de proyectos que tienen como fin el desarrollo de productos complejos.

En SCRUM no existe el rol de gerente de proyecto. Las responsabilidades del clásico gerente de proyecto se encuentran divididas en los tres roles que conforman el Equipo SCRUM:

- El Product Owner (PO) gestiona el producto (y el retorno de la inversión)
- El Scrum Master (SM) gestiona el proceso
- El equipo se gestiona a si mismo

Un proyecto en SCRUM se divide en “sprints”, periodos de tiempo, la planificación, la revisión y retrospectiva marcan respectivamente el comienzo y el fin de cada sprint. La longitud del sprint se encuentra fija y jamás se extiende. (Fig. 3)



**Fig. 3** Ciclo de desarrollo en SCRUM, donde desde un listado de requerimientos de productos, después de una reunión de planificación, se decide cuales requerimientos se van a llevar adelante en el sprint. Una vez finalizado el sprint hay un “incremento” de producto, que genera valor. (Fuente: <http://scrumalliance.com>), Steve Mellor, Ken Schwaber, Jeff Sutherland y Dave Thomas

<sup>8</sup> Formalizada en 1995 por Ken Schwaber y Jeff Sutherland

La esencia de SCRUM cumple con los siguientes lineamientos:

- El equipo recibe objetivos claros
- El equipo se organiza en función del trabajo a realizar
- El equipo entrega con regularidad las funcionalidades más valiosas
- El equipo recibe retroalimentación de individuos que se encuentran fuera del equipo
- El equipo reflexiona sobre su manera de trabajar, con el objetivo de mejorar
- La organización completa posee visibilidad sobre el progreso del equipo
- El equipo y la gerencia se comunican entre sí de manera honesta, transparentando progreso y riesgos.

Esta forma de trabajo se basa los siguientes valores: respeto por uno mismo y por los otros, confianza y coraje.

### 2.3 “Design Thinking” en el ITBA

El equipo de TI que iba a participar del proyecto, no contaba con todas las habilidades necesarias para poder llevar adelante un proceso de pensamiento de diseño, por tal motivo se necesitaron sesiones de capacitación y contratar consultores externos que contribuyan en el proyecto.

Uno de los roles claves dentro del proyecto fue el de Analista UX<sup>9</sup>, la persona que iba a desempeñar dicho rol lidero el proceso de “*Design Thinking*”. El Analista de UX contaba con habilidades de diseño grafico e interfaces de usuarios, para poder brindarle más herramientas se complementó su preparación enviándolo a hacer el curso de Diseño de Experiencia de Usuario UX de la Escuela de Postgrado del ITBA<sup>10</sup>.

#### Etapa 1 - EMPATIZAR

Se utilizaron dos técnicas para conseguir el objetivo, “*Observación Encubierta*”, que consistió en que el analista de UX se siente en la biblioteca y espacios de uso común de los estudiantes, observándolos interactuar con los servicios y sistemas de la universidad sin interferir, con el objetivo de observar las reacciones de los usuarios. La otra técnica que se utilizó fue la de “*Focus Group*”, donde se armaron cinco sesiones de cuatro estudiantes cada una con el objetivo de profundizar y comprender las percepciones, valores y creencia de los estudiantes, de forma individual y colectiva. En ningún momento se les informó que íbamos a desarrollar una aplicación para teléfonos móviles, sino que el objetivo fue que se expresen, contando sus principales problemas en la vida universitaria. Se realizaron cuestionarios estándar con el objetivo de desencadenar anécdotas, vivencias y experiencia. Las sesiones fueron grabadas para poder ser revisadas posteriormente.

#### Etapa 2 - DEFINIR

Una vez finalizada las entrevistas se utilizaron las técnicas de “*Clustering*”, donde el equipo del proyecto se juntó en una sesión donde se transcribieron los resultados de la fase anterior a “Post-its” conteniendo temas y conceptos clave, se organizaron y agruparon por relaciones en común y finalmente se crearon grupos de temas, “*Mapa de Empatía*”, identificamos información específica de un usuario tipo calificándolo

---

<sup>9</sup> Analista de Nuevas Soluciones de TI, Mauricio Sanjurjo enfocado en Experiencia de Usuario (UX)

<sup>10</sup> Curso de 24hs realizado en abril de 2010 dictado por el Docente Lic. Gonzalo Aula

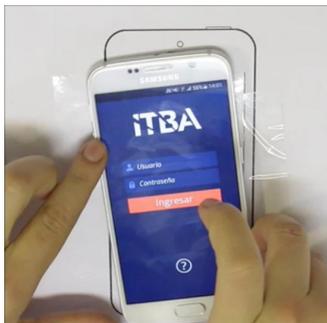
con cinco adjetivos clave, “*Identificación de Necesidades*”, explicitamos rasgos notados en el usuario y contradicciones entre dos temas distintos, como por ejemplo lo que dice y lo que hace, “*Insights*”, un insight<sup>11</sup> es descubrir algo inesperado o tener una idea para responder de mejor manera un desafío de diseño. Los insight nacieron de contradicciones entre atributos del usuario y al preguntarse “¿Por qué?” Fue una manera de despertar la creatividad durante el trabajo.

#### Etapa 3 - IDEAR

Continuando con la etapa de IDEAR, se utilizaron las técnicas de “*Personas*”, donde desarrollamos avatares gráficos de nuestro cliente tipo, graficando quienes son, motivaciones, intereses, problemas, descripción física, edad, género, cultura, gustos, rutina, hábitos, generamos un personaje ficticio, “*Definición de problema*”, construimos un marco teórico, bien sintetizado, para generar un proceso de ideación donde transformamos la información en oraciones del tipo <Actor> necesita una forma de <Problema/Necesidad> porque <Insight>. Ejemplo, “Estudiante necesita una forma de conocer las aulas libres porque necesita espacios para estudiar”

#### Etapa 4 y 5 - PROTOTIPAR Y TESTEAR

En la etapa final, realizamos varias iteraciones utilizando “*Maquetas*” (Fig.4), con el objetivo de visualizar y testear una posible solución, las maquetas sirvieron para testear el “look n feel” de la aplicación móvil y fue evolucionando a lo largo del proyecto. Cada una de estas maquetas fueron testeadas por los focus group para ver los resultados y expectativas de los estudiantes. Las sesiones fueron grabadas.



**Fig. 4** Utilización de maquetas realizadas en la fase de “Prototipar y testear”, donde el usuario realiza pruebas de IU.

## 2.4 SCRUM en el ITBA

El proyecto inicio formalmente en el mes de junio de 2016 durante las etapas finales del proceso de concepción de la solución realizado con pensamiento de diseño.

**Equipo.** El equipo del proyecto y los roles se establecieron de la siguiente forma:

---

<sup>11</sup> Término de uso común en psicología que en español se traduce como visión interna

- El Scrum Master<sup>12</sup>, se contrató a un consultor de experiencia en proyectos de desarrollo ágil para que ocupe el rol durante todo el proyecto
- El Product Owner, fue asignado a uno de los estudiantes<sup>13</sup> que participaron en los “Focus Group” realizados y que mostró mayor interés por las aplicaciones móviles.
- El Equipo, se integró con dos desarrolladores full time de aplicaciones móviles<sup>14</sup> con foco en el fron-end, un arquitecto de integración<sup>15</sup>, un analista de UX y un líder técnico<sup>16</sup>.

Previo al inicio del proyecto, todo el equipo fue capacitado en metodologías ágiles y específicamente en SCRUM. Durante el proyecto, todos los integrantes recibieron sesiones de “coaching” individual en la aplicación de SCRUM.

**Sprints y Ceremonias.** La definición de la duración de los *sprints* quedó a cargo del equipo, definiéndose de una duración de dos semanas. Se acordó que los primeros seis *sprints* se iban a utilizar para montar el ambiente de desarrollo, investigar tecnologías y compartir los resultados del proceso realizado anteriormente. Los siguientes dos *sprints* para definir la arquitectura de la solución, para luego generar incrementos de producto.

Las reuniones de equipo que se realizaron, fueron las *Daily Meetings*, ejecutadas día por medio, en caso de que alguno de los miembros del equipo no pudiera estar presente se conectaba de forma remota, *Retrospectivas*, al finalizar cada Sprint, el equipo tenía una sesión de dos horas para identificar oportunidades de mejoras para realizar en las próximas iteraciones.

**Gestión visual.** El uso de tableros físicos<sup>17</sup> en las metodologías ágiles se encuentra muy extendido, debido a que favorece la comunicación del equipo y visualización del progreso. En la oficina del proyecto se instalaron cuatro tipos de tableros visuales, el tablero de *Sprint Planning*, donde se encuentran las historias de usuarios que se iban a llevar adelante en el siguiente sprint, el tablero de *Backlog de producto*, donde están las historias de usuarios de todo el producto, el tablero de *Retrospectiva*, con los principales conclusiones de las reuniones de retrospectiva realizadas y finalmente el tablero de *Sprint en Progreso*, donde se registran la evolución de las historias de usuario.

---

12 Durante los primeros tres meses del proyecto, el rol fue cubierto por Alan Cyment de Liqueed y luego por Alejandro Fraguaga de Agilar.

13 Lautaro González, estudiante de Ingeniería Informática

14 Los desarrolladores pertenecieron a Grupo Esfera y Kinetica

15 Arquitecto de integración Mulesoft, perteneciente a Snoop

16 Lionel Castiglioni, Líder de Nuevas Soluciones del ITBA

17 Los tableros visuales tienen su origen en otra metodología ágil, denominada Kanban



Fig. 5 Tableros visuales del proyecto instalados en la oficina del proyecto

## 2.5 Arquitectura de la solución

La elección de la tecnología a utilizar fue difícil debido a que necesitábamos cumplimentar con requerimientos no funcionales y lineamientos estratégicos establecidos. Uno de los problemas comunes en aplicaciones móviles es la diversidad de plataformas existentes que pueden triplicar los costos del proyecto. Hicimos un relevamiento en nuestra universidad para conocer la diversidad de dispositivos de nuestros estudiantes, resultando que las principales plataformas correspondían a Google y Apple. Por ese motivo, el equipo busco frameworks de desarrollo que permitieran realizar una única aplicación para múltiples plataforma, decantando la elección en la plataforma *Xamarin*, en su modalidad “open source”<sup>18</sup> provista por Microsoft.

En cuanto a la provisión y procesamiento de información, consumida y generada por la aplicación móvil, el equipo de TI propuso como arquitectura de integración SOA<sup>19</sup>. Para llevar adelante la implementación, la creación de un ESB<sup>20</sup> que permita desacoplar las integraciones e integrar fácilmente las aplicaciones del ITBA con la aplicación móvil resulto fundamental. La elección del ESB se decidió por *Mulesoft*.

**Front-end.**<sup>21</sup> La aplicación móvil desarrollado en *Xamarin*, se compone de tres capas principales, las capas de acceso a los servicios<sup>22</sup> y de modelo negocio<sup>23</sup>, son capas comunes a todas las plataformas. Adicionalmente, *Xamarin* permite acceder a

18 Xamarin fue liberado en su modalidad Open Source en junio de 2016

19 Service Oriented Architecture, paradigma de arquitectura que permite desarrollar y diseñar sistemas distribuidos, favoreciendo la integración y escalabilidad

20 Enterprise Service Bus, modelo de arquitectura de software que permite gestionar las comunicaciones entre servicios, parte fundamental de la arquitectura SOA

21 Parte del software que interactúa con los usuarios

22 Service Access Layer

23 Business Layer

las APIS <sup>24</sup> nativas y nos permite cualquier tipo de personalización que puede ofrecer una aplicación desarrollada para una plataforma en particular. La decisión de realizar código específico para cada una de las plataformas, agrego complejidad al proyecto, pero en contrapartida, permitió mejorar la interfaz y la usabilidad. (Fig.6)

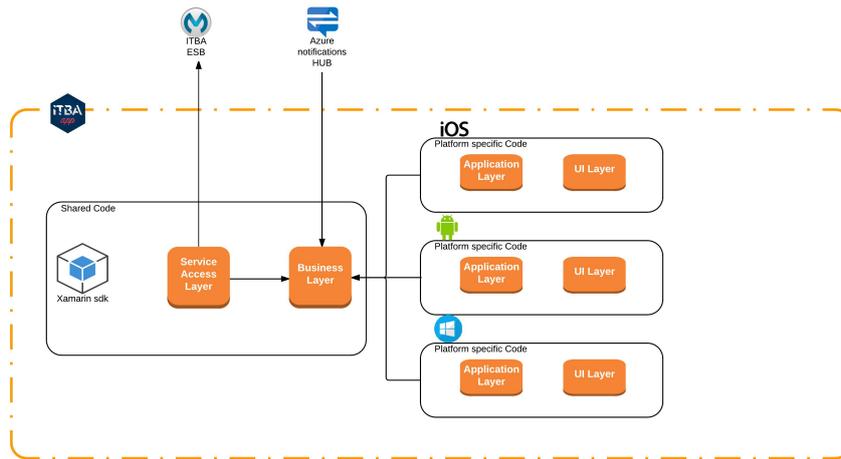


Fig. 6 Diagrama de arquitectura de ITBA App – Front-end

**Back-end.**<sup>25</sup> El back-end se ejecuta de forma completa en la nube publica, en este caso la instalación del ESB se realizó utilizando el servicio de AWS de Amazon. Los requerimientos de los usuarios requerían el intercambio de información con el sistema SGA<sup>26</sup> y del ERP<sup>27</sup>. La autenticación se resolvió utilizando el servicio de Google basado en *Oauth*<sup>28</sup>. Por otro lado, para las notificaciones a los dispositivos, se utilizó la plataforma de notificaciones de *Azure (Microsoft)*, en todos los casos la orquestación de los servicios se realizó a través de *Mulesoft*.

24 Application Program Interface, conjunto de funciones que ofrece una plataforma para ser consumidas por otro software

25 Parte del software que procesa las entradas de datos desde el front-end

26 Sistema de Gestión Académica, SIS (Student Information System)

27 Enterprise Resource Planning, sistema donde reside la información administrativa y contable de la universidad, en este caso Bejerman

28 Open Authorization, estándar abierto para flujos de autenticación

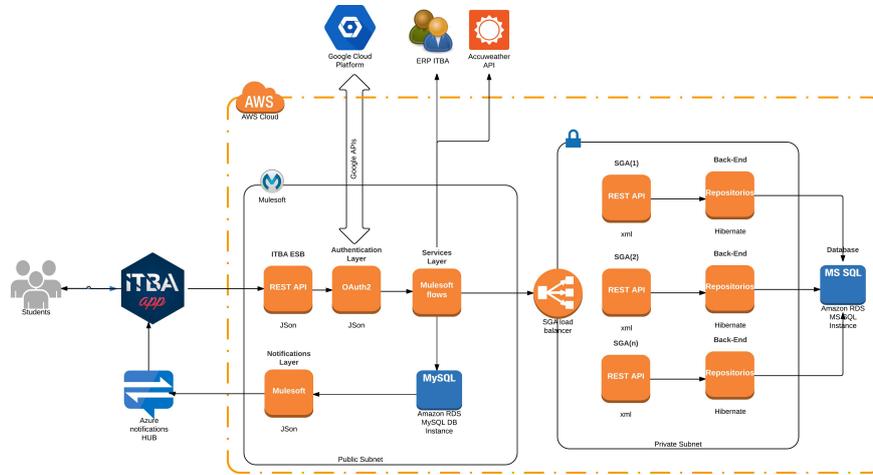


Fig. 7 Diagrama de arquitectura de ITBA App Back-end

## 2.6 Lanzamiento

La primera versión completa de la aplicación para pruebas beta estuvo disponible después de veinte *sprints*, finalmente la versión definitiva se lanzó en forma sincronizada con el inicio del ciclo lectivo 2017. El nombre elegido fue “ITBA App”<sup>29</sup> (Fig.8), la misma se puso disponible en los mercados de aplicaciones de Android, Google Play el 6 de marzo de 2017 y el mercado de aplicaciones de Apple, iTunes el 8 de marzo.

<sup>29</sup> La elección del nombre se realizó en una votación donde un conjunto de estudiantes eligió entre cinco nombres propuestos.



## **Simulador para el simulador: Diseño e implementación de un aplicativo multimedial para el proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90**

José Tulio Nel Benavides Peña<sup>a</sup>, Gean Marco López Palaciob, Diana Marcela Rodríguez Toro<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Fuerza Aerea Colombiana - Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Ingeniería Informática, Cra 8 No 58-67. Cali, Colombia  
[jtbenavides@emavirtual.edu.co](mailto:jtbenavides@emavirtual.edu.co), [tulionel@hotmail.com](mailto:tulionel@hotmail.com)

<sup>b</sup> Fuerza Aerea Colombiana - Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Ingeniería Informática, Cra 8 No 58-67. Cali, Colombia  
[89gmlopezp@emavirtual.edu.co](mailto:89gmlopezp@emavirtual.edu.co)

<sup>c</sup> Fuerza Aerea Colombiana - Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”, Programa de Ingeniería Informática, Cra 8 No 58-67. Cali, Colombia  
[89dmrodriguez@emavirtual.edu.co](mailto:89dmrodriguez@emavirtual.edu.co)

**Resumen.** El avión T-90 Calima es un avión construido por la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC), actualmente junto con el T-41 Mescalero son utilizados para la instrucción primaria de los cadetes de la Escuela Militar de Aviación (EMAVI) y los miembros de la Fuerza Pública, EMAVI, con el fin de facilitar el aprendizaje de sus alumnos de vuelo y contribuir con el ahorro de los recursos de la nación, construye un simulador del equipo T-90 Calima tipo FTD (Flight Training Device), del cual existe un manual de operación y mantenimiento impreso. Debido a los adelantos de la tecnología se encuentra oportuno desarrollar un aplicativo multimedial didáctico y amigable para la operación y mantenimiento de dicho simulador, con el fin de que el usuario pueda operar el simulador por si solo y realizar un mantenimiento básico, teniendo resultados favorables para los alumnos de vuelo del avión T-90.

**Palabras Clave:** Multimedia, Simulador, Mantenimiento, Operación, T-90 Calima, Programación Extrema.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Enseñanza.

### **1 Introducción**

La Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez (EMAVI) ubicada en la ciudad de Cali Valle del Cauca, tiene la misión de Formar integralmente los futuros oficiales de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) y capacitar como pilotos de ala fija a oficiales de la fuerza pública. Esta formación se realiza en las aeronaves T-41D “Mescalero” y T-90 “Calima”.

Inicialmente este proceso de aprendizaje es realizado obteniendo los conocimientos básicos de funcionamiento de la aeronave mediante un curso de tierra; posteriormente se realizan las prácticas en la aeronave T-90. Dado el alto costo y demás riesgos asociados que conlleva impartir instrucción directamente en la aeronave, la industria

aeronáutica desarrolla dispositivos simuladores para entrenamiento de vuelo, equipos que permiten alcanzar la destreza y pericia necesaria para una correcta operación de aeronaves civiles y militares.

En la Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suárez, se cuenta con un simulador del T-90, el cual requiere la asistencia técnica para mantenimiento; el Suboficial que ayudó a su construcción, es la única persona capacitada para la realización de actividades preventivas y predictivas con el equipo. Actualmente no se cuenta con este personal en el área, lo que ocasiona que ante cualquier evento de falla el equipo quede deshabilitado, ocasionando pérdida de tiempo y reprocesos en programaciones de uso.

El diseño y fabricación de un manual multimedial para la operación y el mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90, brinda soluciones al proceso de mantenimiento, instrucción y entrenamiento de vuelo, que se desarrolla en la EMAVI; logrando el desarrollo de competencias, aptitudes y destrezas, a través de un aprendizaje activo, que libera al operario de tiempos y espacios fijos de capacitación, lo que optimiza los movimientos de personal y acorta los procesos de la formación de los futuros pilotos de la Fuerza Aérea de Colombiana.

## 2 Metodología

Se maneja la investigación descriptiva debido a que ésta permite conocer las situaciones de descripción y los procesos que se deben llevar a cabo para lograr un apropiado mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90. Además, se busca mostrar nuevas estrategias y experiencias vividas por el usuario.

El enfoque es de tipo cualitativo y es desarrollado como un aplicativo multimedia tipo tutorial según su finalidad debido que funciona como un tutor virtual para mostrar diferentes procesos a quien lo use, con una navegación tipo reticular para permitir la libertad de seguir diferentes caminos hipertexto.

El desarrollo de este proyecto se basa en la metodología XP, debido a que esta se acomoda a cualquier tipo de proyecto, aplica para equipos de personas de cualquier tamaño, es una metodología fácil de implementar y aprender, presenta una notable disminución del protocolo y de jerarquías y por último introduce una autoevaluación intensiva en cada nivel.

## 3. Objetivos.

**Objetivo General.** El objetivo general del proyecto es:

- Diseñar e implementar un aplicativo multimedial para el proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90.

**Objetivos Específicos.** Los objetivos específicos del son:

- Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del simulador de vuelo del equipo T-90.

- Diseñar el aplicativo multimedial para el mantenimiento del simulador de vuelo del T-90 de manera amigable.
- Implementar y realizar pruebas para comprobar el funcionamiento del aplicativo multimedial para el mantenimiento del simulador de vuelo del equipo T-90.

## 4 Marco Conceptual

En el transcurso de desarrollo del aplicativo multimedial para el proceso de operación y del simulador del equipo T-90 en la EMAVI, se requiere que el usuario tenga conocimiento de los conceptos utilizados en el sistema de gestión de conocimiento, y de esta forma lograr tener un panorama más amplio de lo que está ofreciendo el manual para el usuario.

**Software.** El software no son sólo programas, sino todos los documentos asociados y la configuración de datos que se necesitan para hacer que estos programas operen de manera correcta. Por lo general, un sistema de software consiste en diversos programas independientes, archivos de configuración que se utilizan para ejecutar estos programas, un sistema de documentación que describe la estructura del sistema, la documentación para el usuario que explica cómo utilizar el sistema y sitios web que permitan a los usuarios descargar la información de productos recientes.

**Ingeniería de software.** Sabiendo que ingeniería hace referencia al ingenio, aplicando este principio al software, se puede afirmar que la ingeniería de software es el ingenio utilizado en los softwares ya sea desde su diseño, construcción y aplicación. “La ingeniería del software es el establecimiento y uso de principios sólidos de la ingeniería para obtener económicamente un software confiable y que funcione de modo eficiente en máquinas reales” [4]

**Programación Extrema (XP).** Es una de las metodologías del desarrollo ágil, consisten en satisfacer las necesidades del cliente adaptándose a ciertas reglas para lograr obtener un producto de calidad en poco tiempo. “la programación extrema abarca un conjunto de reglas y prácticas que ocurren en el contexto de cuatro actividades del marco de trabajo: planeación, diseño, codificación y pruebas”. La Programación Extrema (XP) es posiblemente el método ágil más conocido y ampliamente utilizado. El nombre fue acuñado por Beck [4] debido a que el enfoque fue desarrollado utilizando buenas prácticas reconocidas, como el desarrollo iterativo, y con la participación del cliente en niveles «extremos». Las fases en que esta metodología se divide son: Planificación, diseño, desarrollo o codificación y pruebas de aceptación como se muestra en el ciclo, Figura; además de esto el equipo de programación aborda la tendencia a degradar la estructura del software por los cambios que se deban realizar como suele presentarse en las metodologías de desarrollo tradicional, es decir busca posibles mejoras del software y las implementa inmediatamente, por tanto el software siempre debe ser fácil de entender y cambiar.

**Lenguaje HTML.** El lenguaje utilizado para desarrollar páginas web, el lenguaje “HTML” (HyperText Markup Lenguaje) es uno de los lenguajes más utilizados por los profesores, su popularidad se debe principalmente a su facilidad de uso para desarrollar páginas, y a las potencialidades educativas que tienen estas páginas. El

lenguaje HTML, desarrollado por Tim Berners-Lee en 1991, parte del uso de comandos o etiquetas (tags) que deben incorporarse atendiendo a ciertas reglas. Este lenguaje nos permite programar las páginas web aprovechando sus diferentes posibilidades (inclusión de imágenes y/o animaciones, realización de enlaces, etc.). Las diferentes versiones que se han realizado en el lenguaje HTML han posibilitado un aumento de sus potencialidades tanto a nivel general como educativo. Html5 propone estándares para cada aspecto de la web y también un propósito claro para cada una de las tecnologías involucradas. HTML provee los elementos estructurales, CSS se encuentra concentrado en cómo volver esa estructura utilizable y atractiva a la vista, y Javascript tiene todo el poder necesario para proveer dinamismo y construir aplicaciones web completamente funcionales.

**Multimedia.** El término multimedia hace referencia al conjunto de diferentes medios de comunicación combinados como texto, gráfico, imagen, sonido, animación, video, entre otras. Tiene como fin permitir facilidad en el aprendizaje del usuario gracias a la interacción con estas aplicaciones multimedia.

**Simulador de vuelo.** “Es una réplica a tamaño real de un tipo específico de avión y la cabina, ya sea por su marca o modelo, incluye el conjunto de programas necesarios para representar la aeronave en operaciones en tierra y en vuelo, un sistema visual que proporciona el equipo y la computadora de una vista afuera de la cabina, y un sistema de fuerza que proporciona indicaciones equivalentes a la de un sistema de movimiento de tres grados de libertad.” [11]

**Adobe Muse CC.** Es una aplicación, producto de Adobe Systems, la cual crea páginas web en HTML5, utiliza las clásicas herramientas del software de Adobe y le añade otras destinadas a las zonas básicas de una web en forma WYSIWYG. Todo el proceso de trabajo está integrado en el resto de aplicaciones de la suite de Adobe y, mientras, es el propio Muse el que se encarga de crear el código necesario para hacerlo funcionar. Adobe Muse fue lanzado por primera vez el 7 de mayo de 2012, después de su lanzamiento se han creado mejoras en diferentes funciones, es un producto muy utilizado por los programadores en el mundo por eficiencia y facilidad al crear páginas web añadiendo archivos multimedia. [1]

## 5 Desarrollo del Aplicativo

El desarrollo del aplicativo multimedial para el proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo t-90, suple las necesidades del Grupo de Educación Aeronáutica y del Grupo Técnico, los cuales necesitaban una aplicación fácil de usar donde estuviera consignado el funcionamiento, operación y mantenimiento del simulador del equipo T-90, esto con el fin de que los alumnos de vuelo pudieran utilizarlo sin la presencia de un operario, y poder corregir las eventuales fallas. Esto garantiza una operatividad del simulador en todo momento y un ahorro del recurso humano. Para iniciar el desarrollo de la aplicación multimedial se elige la metodología XP (programación extrema) para el desarrollo de software, siendo esta una metodología ágil, fácil de usar y muy efectiva para desarrollar aplicaciones en poco tiempo y trabajando de la mano con el cliente. A continuación, se presentan los aspectos relevantes de cada una de las fases del desarrollo del sistema:

### **Fase de Planificación.**

Esta etapa tendrá que desarrollarse de acuerdo a investigaciones preliminares ejecutadas por el equipo de desarrollo y dentro de algunas actividades a desarrollar se encuentran las historias de usuarios, programación en pareja, Release planning, Iteraciones, velocidad del proyecto, programación en pareja, reuniones diarias. Todas estas actividades permitirán tener al proyecto una distribución en cuanto al tiempo refiere y una buena utilización de los recursos que permitan un menor costo del proyecto para el debido cumplimiento de los requerimientos del cliente.

**Recolección de información.** Para la recolección de información con respecto al mantenimiento y operación del simulador se realizó la búsqueda de material bibliográfico impreso, artículos, manuales e información por medio magnético facilitada por el T1 Figueroa desarrollador y operario del simulador del equipo T-90. Uno de los artículos fue el artículo denominado DESARROLLO DE UN SIMULADOR TIPO “FLYGH T TRAINING DEVICE” DEL EQUIPO T90 CALIMA PARA LA ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN MARCO FIDEL SUAREZ. En este artículo se pretende mostrar cómo se concibió y desarrolló el simulador de vuelo para el equipo T90 Calima como herramienta de apoyo en la formación de los alumnos de vuelo de ala fija de la Fuerza Pública colombiana. El T1 Figueroa durante la construcción del simulador desarrolló artículos científicos de la operación y del mantenimiento básico del simulador. Se recuperaron estos documentos los cuales fueron esenciales para el desarrollo del aplicativo multimedia para el proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo t-90.

**Historias de usuario.** Las historias de usuario son usadas para estimar tiempos de desarrollo de la parte de la aplicación que describen. También se utilizan en la fase de pruebas, para verificar si el programa cumple con lo que especifica la historia de usuario. Cuando llega la hora de implementar una historia de usuario, el cliente y los desarrolladores se reúnen para concretar y detallar lo que tiene que hacer dicha historia. El tiempo de desarrollo ideal para una historia de usuario es entre 1 y 3 semanas. En la figura 1 se muestra la realización de la historia de usuario Ingreso al Sistema, Adicionalmente se realizaron las historias de usuario Proceso de Operación, Proceso de Mantenimiento, Sistemas del Simulador y Buscar Fallas.

	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN APLICATIVO MULTIMEDIAL PARA EL PROCESO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SIMULADOR DE VUELO DEL EQUIPO T-90		Fecha
			1 <u>Abril</u> 2016
título de historia	Ingreso al sistema		
responsables	SBR. Rodríguez Toro y AF. López Palacio		
<b>Documentos de referencia</b>			
Prioridad	Alta		
Actores (Usuarios)	Administrador e invitado		
Estimación en tiempo	2 días		
Descripción:	La aplicación permitirá que el invitado y el administrador ingresen al sistema sin necesidad de un usuario o contraseña.		
Observaciones:	El Administrador es el único encargado de hacerle modificaciones al sistema.		
Pruebas a realizar			
Contacto	Nombre	SBR. Rodríguez Toro y AF. López Palacio	
	Teléfono	3176367321	
	Dirección	<a href="mailto:89gmlopezp@emavirtual.edu.co">89gmlopezp@emavirtual.edu.co</a>	
Fuente. Autores			

**Fig. 1.** Historia de Usuario, Ingreso al Sistema

**Release Planning.** Es una planificación donde los desarrolladores y clientes establecen los tiempos de implementación ideales de las historias de usuario, la prioridad con la que serán implementadas y las historias que serán implementadas en cada versión del programa. Véase figura 2, y figura 3.

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
<b>FASE I: FASE DE PLANIFICACIÓN</b>				
Iteración 1: <u>historias de usuario</u>				
Iteración 2: Planificación y entrega				
Iteración 3: Reuniones con el operario del simulador				
Iteración 4: Estimación duración del proyecto				
Iteración 5: Programación en pareja				

**Fig. 2.** Cronograma de Iteraciones (Fase I)

HISTORIA DE USUARIO	TIEMPOS DE IMPLEMENTACION	PRIORIDAD
INGRESO AL SISTEMA	2 DIAS	ALTA
PROCESO DE OPERACIÓN	10 DIAS	ALTA
PROCESO DE MANTENIMIENTO	10 DIAS	ALTA
SISTEMA DEL SIMULADOR	10 DIAS	ALTA
BUSCAR FALLAS	10 DIAS	ALTA

**Fig. 3.** Tiempos de Implementación Historias de Usuario

**Análisis de requerimientos.** Se desea implementar en EMAVI un aplicativo multimedial para proceso de operación y mantenimiento del simulador de vuelo del equipo t-90, el cual debe dar las instrucciones precisas de cómo realizar el mantenimiento en un ambiente agradable, además de esto debe también indicar los pasos a seguir o procedimientos para la correcta operación del simulador de vuelo del T-90 y poder indicarle al usuario como solucionar un posible error.

**Requisitos Funcionales.** Los requisitos funcionales son aquellas funciones que el sistema debe estar en capacidad de realizar, estas funciones se logran mediante la interacción de un usuario y el sistema, y se listan a continuación:

**RF01.** El sistema permitirá revisar todos los procesos para la operación del simulador.

**RF02.** El sistema permitirá revisar todos los procesos respectivos a cómo realizar el mantenimiento.

**RF03.** El sistema permitirá revisar todos los sistemas que tiene el simulador de vuelo.

**RF04.** El sistema de acuerdo a ciertos parámetros de entrada encontrará soluciones a determinados tipos de problemas o fallas.

**Requisitos no funcionales.** Los requisitos no funcionales son aquellas acciones que no van asociadas directamente a las funciones del sistema, pero afectan a estas.

**RNF01.** Evaluar el rendimiento del software teniendo en cuenta que el sistema en que se esté implementando cumpla con todos sus requerimientos.

**RNF02.** Realizar las diferentes actualizaciones en los firewalls periódicamente para garantizar la fidelidad de los datos.

**RNF03.** El sistema debe visualizarse y funcionar correctamente en cualquier sistema operativo.

**RNF04.** El sistema debe visualizarse y funcionar en cualquier navegador web.

**RNF05.** La aplicación debe ejecutarse de una manera sencilla, amigable y práctica.

### **Fase de Diseño.**

Esta etapa estará dada en la construcción del software en la cual se definirá el proceso que va a seguir el proyecto y dentro de las actividades se encuentran los diseños simples, riesgos, funcionalidad extra, tarjetas C.R.C.

**Diseño de interfaz.** Las pantallas deben permitir una forma de interacción entre el usuario y todas las funcionalidades que ofrece el sistema, cada una de ellas debe al menos presentar una funcionalidad para que su creación esté justificada. Los elementos que se deben definir para cada pantalla son: Información a presentar o recolectar, Validaciones, Relación entre datos, Flujo de páginas. Los elementos comunes entre pantallas que se podrían definir son: Encabezado (Opcional), Menú (Opcional), Zona de Contenido, Hojas de estilo (CSS), Zona de mensajes (error, éxito).

**Diseño pantalla de inicio.** Esta interfaz es la primera que va a ver el usuario, allí se van a encontrar la opción para continuar. Véase figura 4.



Fig. 4. Diseño de la Pantalla Principal.

**Diseño menú principal.** En esta fase se crea el menú principal en el cual el usuario va a poder elegir las opciones que desea realizar. Véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** figura 5.



Fig. 5. Interfaz menú principal fase 1.

**Proceso de Operación Menú Principal.** Al usuario poner el cursor sobre la opción proceso de operación esta mostrara el hipervínculo el cual lo llevara a toda la información con respecto al proceso de encendido del simulador FTD. Véase figura 6. Igualmente se realizaron los diseños de Proceso de Mantenimiento, Sistemas del Simulador, figura 7 y Buscar Fallas.



Fig. 6. Proceso de Operación Menú Principal.



Fig. 7. Sistemas del Simulador.

**Diseño arquitectónico.** Involucra definir la estructura y las responsabilidades de los componentes que comprenderán la Arquitectura de Software. Los grandes sistemas siempre se descomponen en subsistemas que proporcionan conjuntos de servicios relacionados. El proceso de diseño inicial que identifica estos subsistemas y establece como se lleva a cabo su control y comunicación se llama diseño arquitectónico. La estructuración u organización se basa en la identificación de subsistemas o capas clave a desarrollar de forma independiente y en las relaciones entre subsistemas. Resulta efectivo para la comunicación entre los participantes en el proyecto y para realizar el reparto de tareas entre distintos grupos o recursos.

**Análisis de riesgo.** El riesgo siempre implica: Incertidumbre: el acontecimiento que caracteriza al riesgo puede o no puede ocurrir. Pérdida potencial: si el riesgo se convierte en una realidad, ocurrirán consecuencias no deseadas o pérdidas. El riesgo en sí mismo no es malo el riesgo es esencial para el progreso, y el fracaso es a menudo una parte fundamental del aprendizaje. Pero hay que aprender a equilibrar las posibles consecuencias negativas de riesgo frente a los beneficios potenciales de su oportunidad asociado. Ver figura 8.

TIPO DE RIESGO	IMPACTO	PLAN DE CONTINGENCIA
Cambio de los requerimientos del cliente	Alto	De acuerdo a la metodología XP, se adecua a los cambios que se presenten durante el desarrollo.
Falta de experiencia en herramientas usadas	Medio	Tutorías virtuales
Perdida de información por daño en hardware	Alto	Documentos y desarrollo en la nube
Falta de experiencia en metodología de desarrollo de software usado	Bajo	Asesoramiento virtual y aprendizaje autodidacta

**Fig. 8.** Matriz de Riesgos.

**Tarjetas CRC.** Las tarjetas CRC permiten al programador centrarse y apreciar el desarrollo orientado a objetos olvidándose de los malos hábitos de la programación procedural clásica. La tarjeta CRC Ingresar al sistema, permite que el programador tenga en cuenta que existen unos privilegios que tiene definido usuario al ingresar al sistema. Véase figura 9. Igualmente, se realizaron las tarjetas CRC Ingresar a proceso de Operación, Ingresar a Proceso de Mantenimiento, Sistemas del Simulador, Buscar Fallas.

CLASE: Ingresar al sistema	
RESPONSABILIDADES	COLABORADORES
Ingresar a los botones administrador o invitado	Administrador/Invitado
Solicitar login y password para el administrador	
Validar que la contraseña corresponda al administrador	
Devolver "error" en caso de que no coincidan login y password	
Enviar a ventana con opciones	

**Fig. 9.** Tarjeta CRC – Ingresar al Sistema.

### Fase de Codificación.

**Programación en pareja.** La programación en pareja es la etapa en la cual se buscará proporcionar el módulo más adecuado para obtener software de alta calidad. En esta etapa se llevarán a cabo reuniones de los desarrolladores del proyecto con el fin del

establecer en común acuerdo las necesidades reales del cliente y de poder obtener los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema del proyecto, pactando aspectos importantes que deberá suplir el aplicativo software.

**Componentes desarrollados.** Con el diseño terminado, se procede a codificar la aplicación con respecto a las indicaciones de nuestro cliente (historias de usuario). El menú es el código más importante ya que de este se desprende toda la aplicación.

**Barra de Menú.** Este componente desarrollado como widgets de manera horizontal permite al usuario acceder a todas las opciones ofrecidas en la aplicación, véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En el código se evidencia las medidas de las opciones del menú, colores y la barra vertical emergente del submenú al rollover con el mouse. Véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**



Fig. 10. Barra de Menú.



Fig. 11. Submenú Desplegable.

### Fase de pruebas de Aceptación.

Se le realizan pruebas al código de la aplicación las cuales tienen como objetivo proporcionar información objetiva e independiente sobre la calidad del producto y su buen funcionamiento, esto permite minimizar los errores y optimizar el funcionamiento de esta. A su vez se le hace entrega de la aplicación a los usuarios del simulador, los cuales dan fe que la aplicación cumple con todos los requisitos planteados en la fase de planificación.

**Pruebas unitarias.** Es una forma de comprobar el correcto funcionamiento de un módulo de código. Esto sirve para asegurar que cada uno de los módulos funcione correctamente por separado.

**Prueba botón menú.** Botón horizontal con barra desplegable, con cambios de aspecto y color en estado normal, con el ratón pulsado o activo; se comprueba la aparición de la barra desplegable como submenú.

**Prueba submenú desplegable.** Submenú desplegable de manera vertical con cambios de aspecto y color en estado normal, con el rato pulsado o activo; se comprueba enlace de hipervínculo a la página correspondiente según elección del usuario.

**Pruebas de integración.** Después de realizadas las pruebas unitarias, se realizan las pruebas de integración, estas con el fin de verificar que el conjunto de partes de software funciona.

**Prueba de enlace de páginas.** Prueba de enlace con la página deseada desde el menú “proceso de operación” seleccionando en el submenú “controles de vuelo”.

**Prueba de dirección del botón inicio al menú.** El botón de “home” permite al usuario a regresar al menú principal, a través de un hipervínculo a la página del menú.

## 6. Resultados Obtenidos

El primer objetivo se cumple en la etapa de planificación donde por medio de diferentes métodos de recolección de información como la lectura de artículos científicos elaborados entorno al objeto de estudio, la entrevista al operario del equipo simulador, donde se obtiene todo lo referente al mantenimiento del simulador, así mismo a partir de las historias de usuario se identificaron los requisitos dados por el cliente. El segundo objetivo se cumple en la etapa de diseño y codificación, donde se construyó un glosario para ayudar a los programadores y al cliente a comprender mejor la aplicación y la información consignada en ella, a su vez se analizaron los riesgos que se pueden presentar durante el desarrollo del aplicativo. Las tarjetas CRC les permitieron a los programadores centrarse y apreciar el desarrollo olvidándose de los malos hábitos de la programación, codificación todo el aplicativo según los requisitos exigidos por el cliente. El tercer objetivo se cumplió en la fase de pruebas, donde por medio de encuestas se pudo analizar el nivel de satisfacción de los cuarenta (40) alumnos de vuelo del primer y segundo turno del año 2016 de la aeronave T-90 CALIMA, beneficiarios del simulador. Estos resultados representados en las gráficas de encuestas: figura 12. a figura16.



Fig. 12. Pregunta 1. Encuesta de Satisfacción.

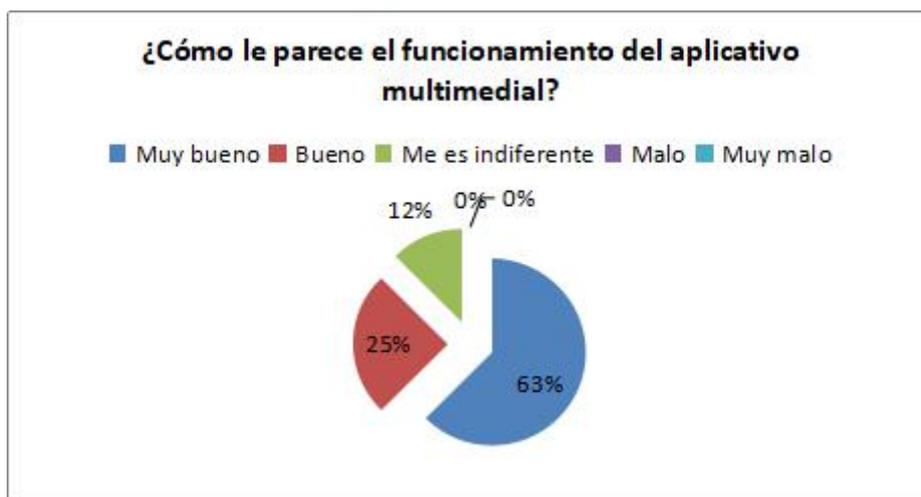


Fig. 13. Pregunta 2. Encuesta de Satisfacción.

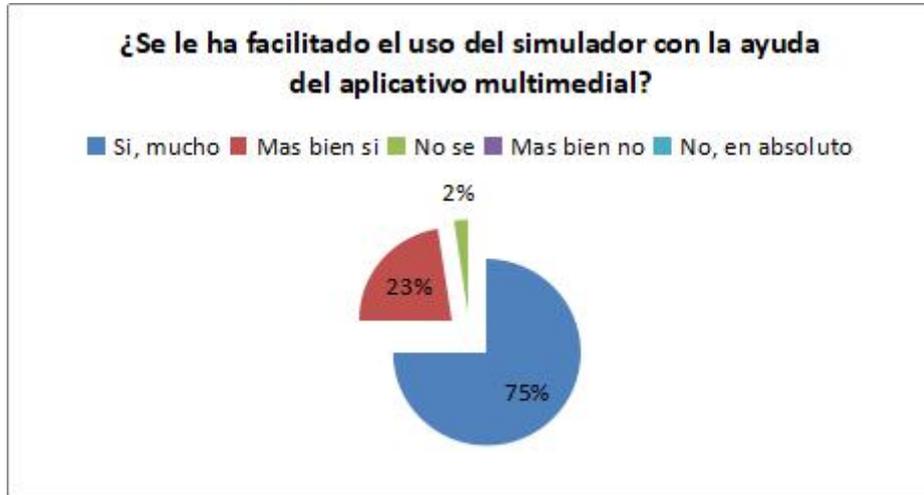


Fig. 14. Pregunta 3. Encuesta de Satisfacción.

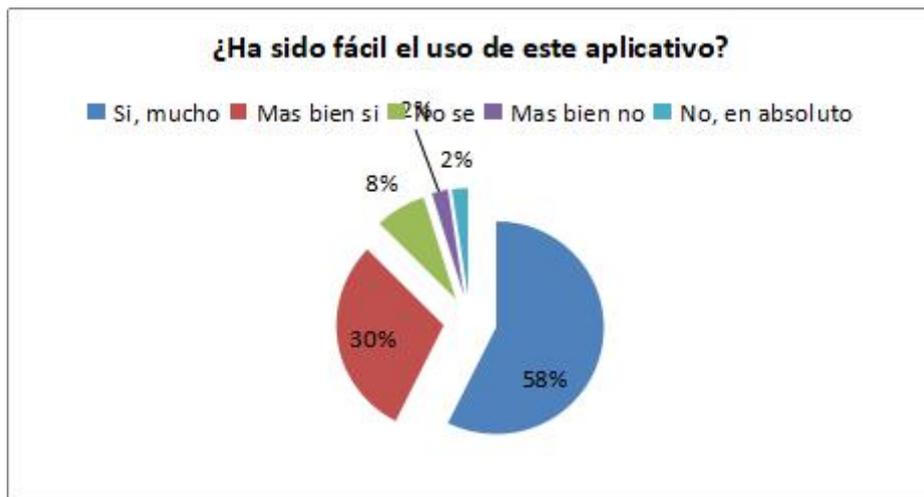


Fig. 15. Pregunta 4. Encuesta de Satisfacción.

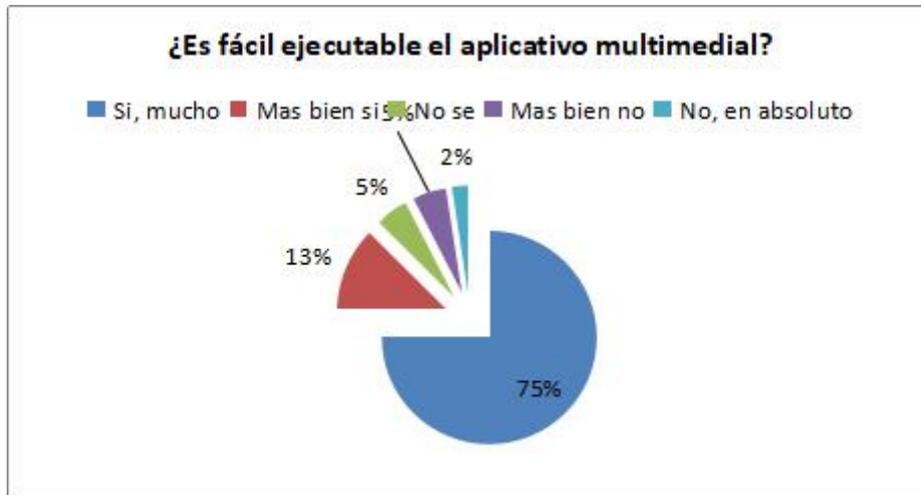


Fig. 16. Pregunta 5. Encuesta de Satisfacción.

## 7 Conclusiones

- El aplicativo multimedial para el proceso de operación y mantenimiento del simulador del equipo T90 Calima, elaborado utilizando la metodología de programación extrema y el programa Adobe Muse, brinda al usuario la posibilidad de aprender a operar y desarrollar un mantenimiento básico de este simulador bajo un ambiente multimedia en lenguaje HTML5.
- La programación extrema utilizada como metodología para el desarrollo de software se consideró propicia ya que es un método ágil, ampliamente utilizado con un ciclo fácil de comprender y basado en la simplicidad, la comunicación fluida, la retroalimentación continua y el coraje para enfrentar los cambios que se presenten durante el desarrollo.
- El aplicativo desarrollado, satisface la necesidad del grupo de educación aeronáutica, quienes utilizan este simulador para el entrenamiento de sus alumnos de vuelo y para el grupo técnico los encargados del mantenimiento de este simulador, los cuales podrán capacitarse de una manera rápida y solucionar cualquier daño en el menor tiempo posible para no afectar la operatividad del mismo.
- El aplicativo multimedial cumple los requisitos exigidos por el cliente y por sus usuarios, así mismo es muy fácil de usar y bastante amigable.
- En la implementación se entregó la aplicación terminada al T1 Figueroa, suboficial encargado del simulador, se le capacitó junto con los alumnos de vuelo, los cuales manifestaron que es una aplicación fácil de usar, no se necesitan conocimiento previo para su utilización, además mejorara la operación del simulador ya que no necesitarán de un técnico especializado para corregir una falla, esto garantiza operatividad en todo momento.

- Esta aplicación fue diseñada en un entorno web con multimedia lo cual permite que el usuario pueda acceder una manera sencilla sin importar el lugar en que se encuentre. y comprender las instrucciones para la tarea que desee realizar.
- En una encuesta realizada a 40 usuarios de la aplicación los cuales son actualmente alumnos de vuelo del equipo T-90, el 75% de los encuestados les pareció que el aplicativo es muy útil a la hora de operar o realizar algún tipo de mantenimiento en el simulador.
- Con la colaboración del T1 Figueroa se logró recolectar la información respectiva de la operación y mantenimiento del simulador del equipo T-90, a partir de fabricantes de simuladores activos y existentes actualmente en unidades aéreas en Colombia, está siendo esencial para la realización de este proyecto.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” de la ciudad de Cali por el apoyo en la realización de la presente investigación.

## Referencias

1. Adobe Muse CC. (2016) Adobe Systems incorporated. Recuperado de <http://www.adobe.com/la/products/muse.html>
2. Consuelo Belloch. (2016) Diseño y Desarrollo de aplicaciones multimedia educativas En <http://www.uv.es>: <http://www.uv.es/bellohc/pwedu6.htm>.
3. Fernando. Martínez Alonso, Loïc Martinez y Francisco Segovia. (2010). La ingeniería de software. Introducción a la ingeniería de software (75). Madrid: Barbero.
4. Fritz Bauer y Roger Pressman. (2010). Un enfoque práctico. En Ingeniería del Software (7ed p.23). México: PESSMAN
5. Fuerza Aérea Colombiana. (2016). Misión de la Fuerza Aérea Colombiana. 12/05/16, Recuperado de <https://www.fac.mil.co/misi%C3%B3n-28>.
6. Ian Sommerville. (2011) Desarrollo rápido de software. Ingeniería de Software. (9 ed p. 361). Madrid: Pearson Educación. A.S.
7. Universidad Nacional De Ingeniería. Introducción A La Ingeniería De Software. (2013) Facultad de Ciencias Y Sistemas. Lima Perú.
8. José H. Canos, Patricio Letelier; y M<sup>a</sup> Carmen Penades. (2003) Metodologías ágiles en el desarrollo de software. (p 3-6) Valencia. Universidad Politécnica de Valencia.
9. Juan Gauchat. El gran libro de HTML5, CSS3 Y Javascript. Marcombo S.A. Barcelona España.
10. Martín Gutiérrez (1996), Nuevas Tecnología. Educación Multimedia Y Nuevas Tecnologías. (p. 24) Madrid España. Ediciones De La Torre.
11. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. Airplane Simulator Qualification. (1991. P. 3-4) Ac 120-40b. Washington, D.C.
12. Yazmin González. Multimedia En La Educación, Una Necesidad. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo (P 1-3)



## **Fortalecimiento de la red dorsal de telecomunicaciones de la Universidad de Guadalajara a través de la implementación de nodos de conectividad**

Jorge Lozoya Arandia<sup>1</sup>, Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León<sup>2</sup>, José Guadalupe Morales Montelongo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Coordinador de Operación de Servicios de la Coordinación General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México  
Jorge.Lozoya@redudg.udg.mx

<sup>2</sup> Coordinador General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México  
Luis.Gutierrez@redudg.udg.mx

<sup>3</sup> Coordinador de Desarrollo de la Coordinación General de Tecnologías de Información, Universidad de Guadalajara, Av. Juárez 976, Guadalajara, Jalisco, México  
Jose.Gpe.Morales@redudg.udg.mx

**Resumen.** El presente trabajo expone una de las soluciones actualmente implementadas por la Universidad de Guadalajara (UdeG): contar con una infraestructura propia para brindar un servicio de red de datos a los distintos espacios de la institución, misma que ha permitido atender las capacidades demandadas por la comunidad universitaria, operar satisfactoriamente con los recursos económicos ya asignados, y proporcionar servicios con una disponibilidad acorde con lo requerido por la Universidad, siendo su principal meta la habilitación de nuevas arquitecturas. Esto a partir de la necesidad de contar con una alta disponibilidad a través de las conexiones redundantes para aumentar la disponibilidad de los servicios; distribuidas éstas en puntos de conexión ubicados en el Área Metropolitana y en las diversas regiones del estado de Jalisco.

Esta distribución, denominada “nodos de conectividad”, implica una serie de puntos en donde convergen las diferentes tecnologías propias y de operadores, la cual brinda las condiciones necesarias eléctricas, de seguridad y climatización para albergar equipos activos en donde residen los servicios, y desde donde se distribuye la conectividad. Aunado a ello, y de acuerdo con el Programa de Transición Energética de la Universidad de Guadalajara, estos nodos están siendo alimentados en su totalidad con energías renovables, lo cual además es parte del proyecto de Implementación de Centros de Datos Verdes en la Universidad de Guadalajara. Dicha arquitectura permite una distribución que aprovecha aún más los recursos de conectividad, y acerca los servicios a las dependencias, lo cual permite que éste ya no sea un servicio centralizado, y aumente su disponibilidad de servicio, pues los puntos de falla se vuelven granulares para su adecuada atención.

**Palabras clave:** infraestructura, nodos, conectividad, Universidad de Guadalajara, red de datos, y servicios de red.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software: experiencias de implementación de infraestructura de TIC para la mejora de servicios.

## 1. Introducción

Desde hace más de tres décadas, la Universidad de Guadalajara se encuentra desconcentrando sus servicios hacia las diferentes regiones del estado de Jalisco, con el interés en primera instancia de que los estudiantes permanezcan en sus lugares de origen y, en segundo término, dinamizar el desarrollo de las regiones para mitigar un tanto la concentración demográfica en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Durante los últimos años, la Red Universitaria ha trabajado con dedicación, esmero y entusiasmo en diversas áreas estratégicas, atendiendo lo dispuesto en el Plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2014-2030, pues actualmente la UdeG está conformada por 296 mil 990 universitarios: 16 mil 564 académicos, 10 mil 117 trabajadores universitarios y 270 mil 309 estudiantes [1].

Cabe mencionar que en la actualidad 47% de la matrícula de nivel medio superior está desconcentrada en planteles regionales al interior de Jalisco; y 38% de la matrícula de nivel superior está en centros universitarios regionales [2]. Los centros universitarios se dividen, a su vez, en 6 centros temáticos en la Zona Metropolitana, 7 centros en las distintas regiones del estado, un Sistema de Universidad Virtual (SUV) en Guadalajara, y un Sistema de Educación Media Superior (SEMS) que cuenta con 28 planteles en la Zona Metropolitana, 12 planteles en las regiones del estado y 151 planteles en el Sistema de Educación Media Superior (SEMS) [3]. La universidad cuenta también con dependencias administrativas tanto en los centros universitarios como en el edificio de la administración general, con inmuebles que albergan servicios universitarios.

## 2. Estrategia de conectividad

Una de las prioridades institucionales de la Universidad de Guadalajara es conectar todos los sitios donde está presente la Red Universitaria; esta distribución de servicios representa un reto tecnológico de grandes proporciones, ya que los espacios universitarios poseen características geográficas particulares e infraestructuras tecnológicas diversas que se fueron adquiriendo a lo largo de los años. Aunado con ello, el continuo crecimiento de la demanda en capacidades de conectividad se ha convertido también en un elemento importante a considerar en el cumplimiento cabal de las funciones adjetivas y sustantivas de la Universidad. En esta importante tarea ha participado la Coordinación General de Tecnologías de Información (CGTI) de la UdeG, así como los equipos directivos de las diferentes dependencias, para dirigir sus esfuerzos en proporcionar servicios.

Para cumplir con dichas funciones se han implementado diversas tecnologías y procesos para su operación, tales como fibra óptica, enlaces por microondas – tanto propietarios como arrendados – y la habilitación de espacios como centros de datos con condiciones eléctricas y de climatización que permiten albergar equipos activos de alta precisión en ambientes totalmente monitoreables. La selección de estas tecnologías se realizó de acuerdo con diversos estudios de viabilidad y de tecnologías disponibles en el mercado para lograr la optimización de recursos y servicios, considerando factores geográficos y económicos. En congruencia con el Programa Universitario Integral de Transición Energética, conformado por ocho ejes – a través

de los cuales esta Casa de Estudio busca contribuir a proteger el medio ambiente y mitigar el cambio climático -, se desarrolló e implementó un modelo de nodo para convertir, a su vez, estos nodos en espacios alimentados totalmente por energías renovables para su operación.

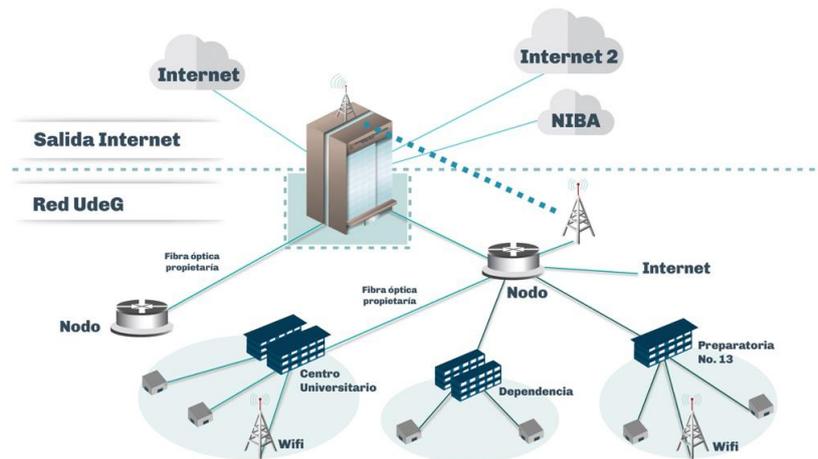
### 3. Modelo de la dorsal de telecomunicaciones

El modelo de la dorsal de telecomunicaciones se conforma por varias trayectorias concentradas en un nodo central de salida a internet. De este punto central se derivan ramales por nodos de distribución (véase Figura 1). Los nodos metropolitanos y regionales cuentan con enlaces redundantes, con fibra óptica y microondas, lo cual vuelve más eficientes las redundancias, reduce los puntos de falla al conectar varias dependencias a un solo punto redundante, e incluso permite, de ser necesario, configurar un enlace de salida a internet en el mismo nodo, al posibilitar una tercera salida en caso de una falla mayor en la dorsal principal.

#### 3.1. Arquitectura

La arquitectura está conformada por tres elementos importantes:

- Un nodo central de conectividad en donde se concentran los enlaces principales de internet.
- Nodos metropolitanos que se encuentran en el área metropolitana, llegando a ellos a través de las huellas de fibra óptica propietaria y enlaces de microondas de corta distancia.
- Nodos regionales que se diferencian por ser de distancias mayores, llegando a ellos a través de enlaces de microondas de mayor capacidad, pues su redundancia se realiza con enlaces arrendados.



**Figura 1.** Distribución de ramales por *nodos* de distribución.  
**Fuente:** elaboración propia.

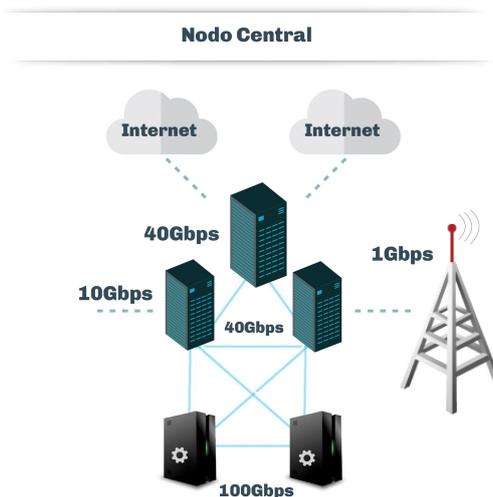
Estos nodos se proyectaron para operar con energías totalmente renovables, avanzando hacia el modelo de nodo verde; el cual debe operar con energías renovables al hacerlo completamente fuera de la red eléctrica. [4].

#### 4. Nodo central de conectividad

La Universidad de Guadalajara cuenta con un nodo central de conectividad que provee de internet al centro de datos principal de la Universidad (véase Figura 2). Este nodo central conjunta 3 salidas principales a internet que juntos proporcionan una capacidad de 16 Gbps simétricos; mismas conexiones que permiten la convergencia automática en caso de algún corte en el servicio. Adicionalmente, proporciona conexiones redundantes de 40 Gbps hacia la dorsal principal, y de 100 Gbps al centro de datos; cabe mencionar que todos los equipos se encuentran configurados con infraestructura redundante.

En este punto se concentran las terminaciones de las fibras ópticas de todos los nodos, tanto las propietarias como las arrendadas. Los enlaces redundantes vía microondas se terminan en un *router* dedicado que permite hacer convergencias de tráfico, en caso de cortes. Todos los enlaces redundantes se mantienen en modo activo-activo operando siempre, sin enlaces pasivos, para aprovechar todo el tiempo el ancho de banda.

La red metropolitana se conforma por tendidos de fibras ópticas propietarias que permiten interconectar los campus y dependencias universitarias en la Zona Metropolitana de Guadalajara; esta red es redundante por medio de enlaces de microondas, las cuales permiten operar si existe algún corte o falla en las fibras instaladas.

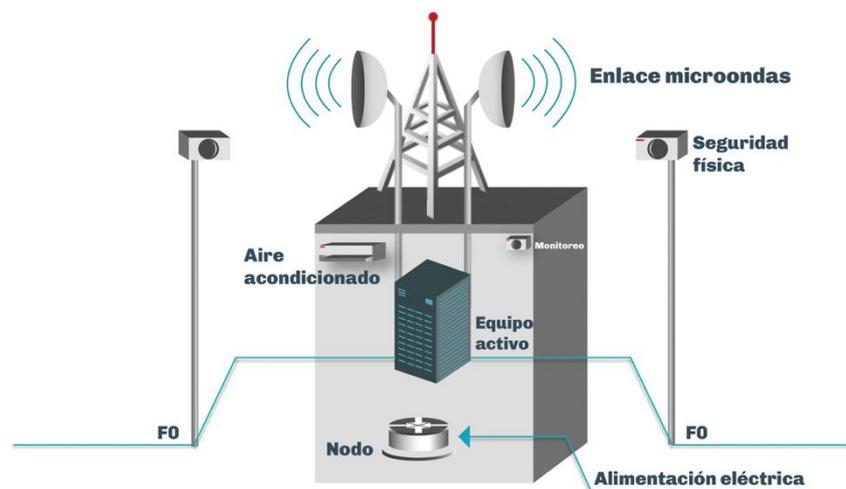


**Figura 2.** Arquitectura de conectividad de la Red Universitaria.  
**Fuente:** elaboración propia.

## 5. Modelo de nodo metropolitano y regional

Los nodos están conformados por un conjunto de sistemas que permiten el alojamiento de equipo activo con condiciones adecuadas de alimentación eléctrica, climatización y monitoreo. Este equipamiento aloja equipo activo que recibe la conectividad con, al menos, dos tecnologías: fibra óptica y enlaces de microondas. Estos nodos están preparados para alojar equipos de procesamiento y almacenamiento para apoyar el funcionamiento de sistemas que requieran estar alojados en el mismo, a través de un equipo activo.

En la Figura 3 puede apreciarse un modelo de *nodo*, mismo que se conforma por diferentes sistemas que permiten alojar enlaces y servicios para su distribución.



**Figura 3.** Modelo de *nodo*.  
**Fuente:** elaboración propia.

### 5.1. Alojamiento

El nodo está conformado por un sistema monitoreable de climatización de la precisión, pues permite controlar niveles de temperatura existentes dentro del nodo, humedad en el ambiente que determinen el nivel de operación, aunado a esto se cuenta con sistemas de seguridad física, todo controlado por un sistema de alertas comunicando al centro de monitoreo central de red vía SNMP v2c/3, el cual a su vez, comunica al sistema central de monitoreo del centro de monitoreo de la red de datos de la Universidad de Guadalajara.

## 5.2. Microondas

En el modelo presentado se reciben enlaces por microondas, cuya infraestructura incluye antenas *autosoportadas*, postes y radios para transmisión de datos. El mantenimiento físico que recibe es por medio de la revisión de anclajes, uniones y corrosión de materiales.

## 5.3. Fibras ópticas

Los nodos reciben acometidas de fibra óptica – tanto propietarias como arrendadas –, las cuales son terminadas en puertos instalados en los nodos; estas fibras ópticas cuentan con un espacio en rack adecuado para su uso en equipos activos.

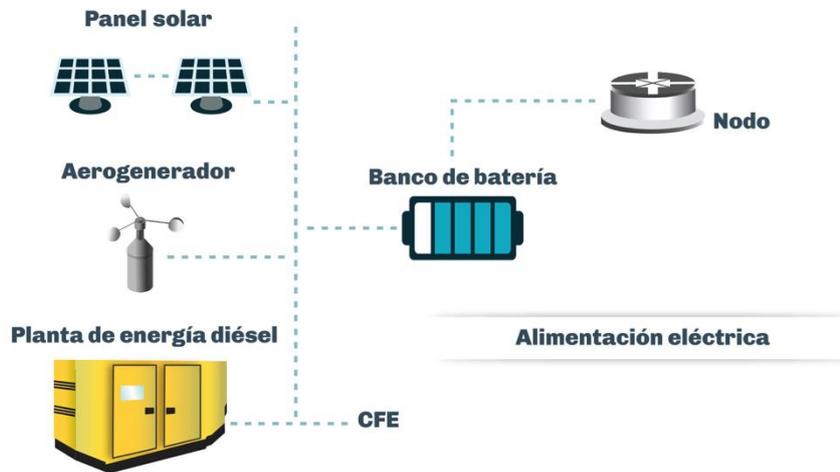
## 5.4. Alimentación eléctrica

Los nodos cuentan con una estructura de alimentación eléctrica, diseñada para ser redundante, la cual permite contar con un alto nivel de disponibilidad del servicio; esto se logra con al menos 2 fuentes de energía, pero se consideran 4 fuentes disponibles: la red eléctrica, energía solar, eólica y un generador diésel.

## 6. Nodos verdes

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Institucional 2014-2030 de la Universidad de Guadalajara y su Programa de Transición Energética, se diseñó e implementó una arquitectura que permite la operación de los nodos de distribución como sistemas aislados de la red eléctrica, permitiendo que sean 100% alimentadas con energías renovables. Los nodos disponen de, al menos, una fuente de energía eléctrica basada en combustibles fósiles como alternativa a la red eléctrica; próximamente se planea incluir energía eólica.

En el siguiente diagrama puede observarse que los nodos serán alimentados de diferentes fuentes energéticas redundantes, las cuales son diseñadas de acuerdo con potencial eólico y solar de la zona, así como de las posibilidades de contar con acometida a la red eléctrica.



**Figura 4.** Alimentación con fuentes energéticas redundantes.  
**Fuente:** elaboración propia.

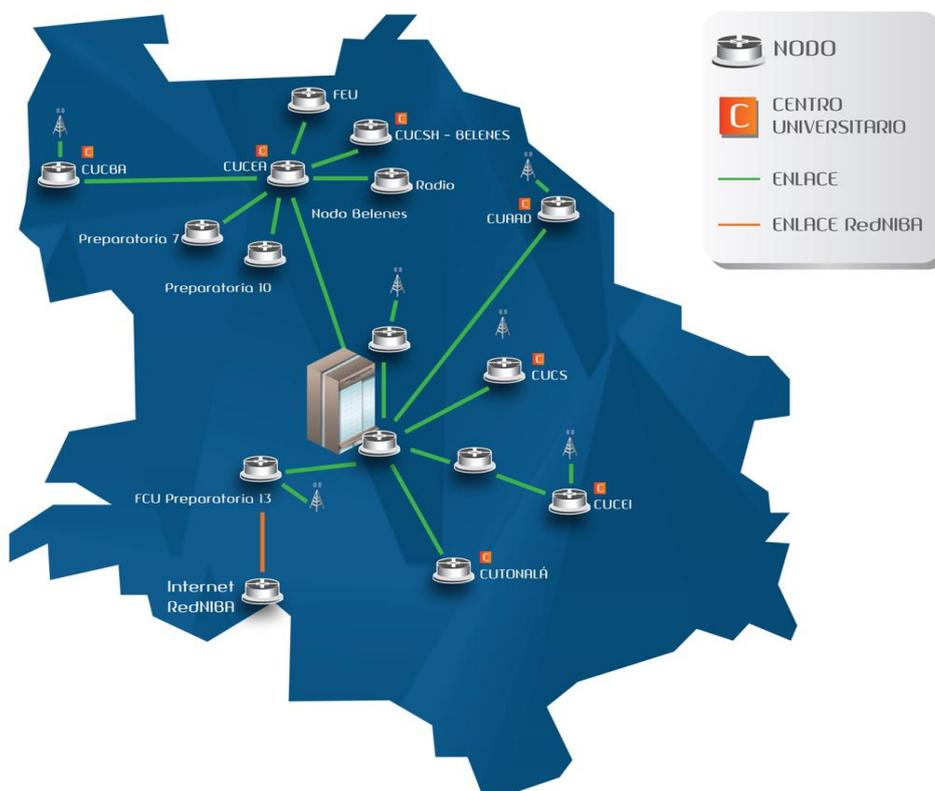
## 7. Arquitectura actual de la red de datos

La red de la Universidad de Guadalajara se compone por una serie de edificios e instalaciones que alojan las actividades académicas y administrativas, mismas que se distribuyen de la siguiente manera:

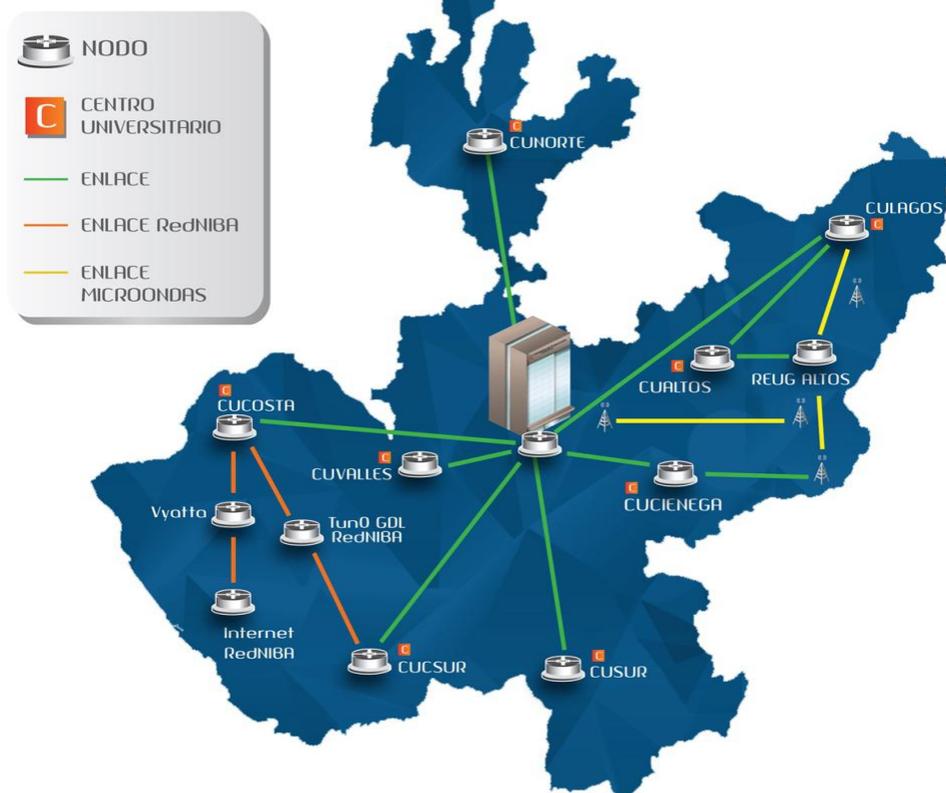
- 28 en Centros Universitarios Temáticos
- 12 en Centros Universitarios Regionales
- 1 en el Sistema de Universidad Virtual (SUV)
- 151 en el Sistema de Educación Media Superior
- 2 bibliotecas públicas
- 2 en la Administración General

Estas dependencias se encuentran integradas a la red de datos de la UdeG por medios propios o por enlaces a internet, que permiten hacer llegar la conectividad. La dorsal de la Universidad de Guadalajara se encuentra conformada por 19 nodos, de los cuales 9 son metropolitanos y 10 son regionales, y actualmente se encuentra implementado al 100% un nodo verde. Enseguida se presenta la cantidad de nodos dispuestos en la red metropolitana y regional de Jalisco, así como el nodo verde "La Primavera", que por sus características se implementó como el primer nodo verde y entrega servicios al Centro Universitario de los Valles (CUValles), ubicado en la zona Valles del Estado.

### 7.1. Red metropolitana



7.2. **Figura 5.** Red metropolitana de la UdeG distribuida en *nodos* de datos.  
 Fuente: elaboración propia



## Red regional

Figura 6. Red regional de la UdeG distribuida en *nodos* de datos.

Fuente: elaboración propia.

### 7.3. Nodo verde “La Primavera”

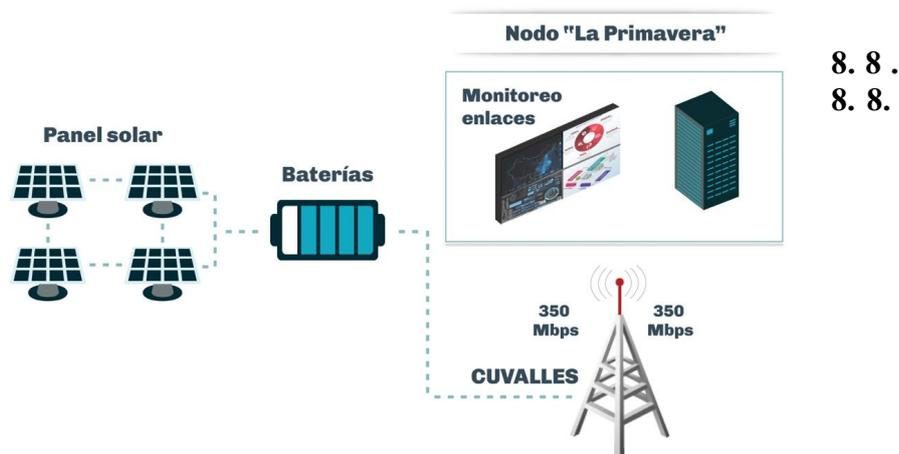


Figura 7. Modelo del nodo “La Primavera” alimentado 100% por energía solar, con autonomía de 5 días. Fuente: elaboración propia.

## Resultados

En la actualidad operan 19 nodos, en los cuales transita el 100 % del tráfico de red de los sitios unidos a la Red Universitaria; esto beneficia a toda la comunidad de la UdeG, pues por estos enlaces transitan todos los sistemas que soportan los procesos académicos y administrativos de la institución, ya que en él se conjuntan más de 80 enlaces arrendados, y confluyen los 15 centros universitarios, los 2 sistemas y la administración general. Todo el equipo instalado se encuentra monitoreado para su correcta operación, se mantienen planes de mantenimiento y garantías que aseguren su funcionamiento, y se mantiene una continua evaluación para generar crecimientos.

Estos esfuerzos permiten que las implementaciones de redes locales, por ejemplo, puedan tener una salida a internet robusta y no generen “cuellos de botella” en los tráficos de la red de datos. En este momento, las capacidades requeridas aumentan de manera exponencial, y se requiere un constante crecimiento en la red para poder soportar las necesidades crecientes de la comunidad.

## 9. Conclusiones

El aprovechamiento de las tecnologías de información y comunicación (TIC) es un factor fundamental para el desarrollo de las sociedades actuales; por ello es que la Universidad de Guadalajara promueve la innovación y la apropiación tecnológica a

favor de su comunidad, pues tan sólo en el año 2016 se amplió la estructura principal de conectividad de internet de la Universidad, transitando de un nodo central a una serie de nodos distribuidos en la Zona Metropolitana de Guadalajara y diversas regiones del estado de Jalisco, lo que permitió mayores capacidades de conexión. Además, se continuaron los trabajos para extender la red de fibra óptica, interconectando este año a 14 espacios universitarios.

En ese momento se logró habilitar al 100% el primer nodo regional de conectividad a internet de la Universidad como un sistema que se alimenta totalmente con energías renovables; el cual beneficia a la comunidad del CUValles. Durante este año, se incorporarán más nodos metropolitanos y regionales en este tipo de tecnología; dicho sea de paso, en ese mismo período se inició el proyecto de un nuevo brazo de fibra óptica que extenderá la red actual en 33 km, y transitará por los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque y Tonalá, incrementando más de 70 veces la capacidad de conectividad disponible actualmente, lo que beneficiará al Centro Universitario de Tonalá (CUTonalá) y a tres escuelas preparatorias.

Este crecimiento es parte del Plan de Desarrollo Institucional de Tecnologías de Información (PDTI), el cual se elabora desde la Rectoría General de la Universidad de Guadalajara, con trabajos de la Vicerrectoría Ejecutiva, que a través de la Coordinación General de Tecnologías de Información, realiza estudios y reuniones directivas junto con un consejo técnico de tecnologías de información de la institución para identificar e implementar las tecnologías, enlaces y sistemas que respondan a las necesidades de la comunidad universitaria. Este trabajo es constante y representa un gran reto para la UdeG, ya que aún quedan dependencias y regiones en el estado en donde falta mucho por implementar para contribuir con las funciones sustantivas y adjetivas de la Universidad de Guadalajara.

## **Agradecimientos**

Este proyecto es el resultado de un trabajo colaborativo de las dependencias universitarias y de la Coordinación General de Tecnologías de Información (CGTI) de la Universidad de Guadalajara; apoyado por la visión de la Rectoría General de la institución, a cargo del Mtro. Itzcóatl Tonatiuh Bravo Padilla, Rector General de esta Casa de Estudio, quien, a través de la Vicerrectoría Ejecutiva, encabezada por el Dr. Miguel Ángel Navarro Navarro, generaron las directrices para su implementación, siendo ejecutadas por la CGTI. Por lo que agradecemos a todo el equipo de profesionales que participaron en el diseño, implementación, operación y seguimiento del proyecto, ya que gracias a ellos se logró la implementación de esta solución; asimismo, a los fabricantes e integradores quienes con sus tecnologías, personal e ingenierías permitieron lograr convergencias tecnológicas para obtener una solución integral.

## Referencias

1. Universidad de Guadalajara: Programa de Desarrollo Institucional 2014-2030, construyendo el futuro, (2014).
2. Universidad de Guadalajara: Informe de Actividades 2016. Presentación del Informe de Actividades 2016, Guadalajara, Jalisco (2017) .
3. Secretaría de Educación Pública: Cuestionarios 911 ciclo 2016-2017, (2017).
4. Juárez, F, Ejarque, J, Badía, R, González, S, y Esquivel, O: Energy-Aware Scheduler for HPC Parallel Task Base Applications in Cloud Computing, (2017).



## El desarrollo de RANA (Red Anycast de NIC Argentina): un caso de éxito en la colaboración entre múltiples partes interesadas para proyectos de infraestructura crítica

Julián Dunayevich<sup>a</sup>, Mariela Celeste Rocha<sup>b</sup>, Mariano Absatz<sup>a</sup>, Gabriela Ramirez<sup>a</sup>, Milena Parra<sup>a</sup>

<sup>a</sup> NIC Argentina – Dirección Nacional de Registro de Nombres de Internet,  
San Martín 536 Piso 1º, Buenos Aires, Argentina  
[julian@dunayevich.com.ar](mailto:julian@dunayevich.com.ar), [mariano@absatz.com.ar](mailto:mariano@absatz.com.ar), [gabriela@nic.ar](mailto:gabriela@nic.ar), [milena@nic.ar](mailto:milena@nic.ar)

<sup>b</sup> ARIU – Asociación Redes de Interconexión Universitaria,  
Maipú 645 Piso 4º10, Buenos Aires, Argentina  
[mrocha@riu.edu.ar](mailto:mrocha@riu.edu.ar)

**Resumen.** En 2016, evaluando la operación del sistema de nombres de dominio (DNS, por sus siglas en inglés, Domain Name System), NIC Argentina decidió mejorar de forma sustancial la publicación de su servicio autoritativo de dominio de nivel superior .ar, conjuntamente con las zonas de segundo nivel en las que brinda servicio de registro a sus usuarios implementando una red con tecnología anycast (RANA). NIC Argentina invitó a ARIU, la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria y a CABASE, la Cámara Argentina de Internet, para que sean parte desde sus inicios en la definición y desarrollo del proyecto, aportando sus conocimientos y experiencia, y para colaborar en el uso de sus infraestructuras de redes para la definición de los nodos de la red a nivel nacional. El proyecto, cuya primera etapa se concretó a fines de 2016 y que está en pleno desarrollo de su segunda etapa, fue una muestra cabal de la sinergia que se produce cuando múltiples partes interesadas se asocian para llevar adelante proyectos.

**Palabras Clave:** Anycast, DNS, infraestructura crítica, trabajo colaborativo, múltiples partes interesadas, sinergia

**Eje temático:** Infraestructura.

### 1 Introducción

*Anycast* es un mecanismo de direccionamiento en una red IP que permite hacer asociaciones “uno a *el más cercano* entre muchos”.

En internet, este mecanismo se implementa utilizando el protocolo de ruteo externo Border Gateway Protocol (BGP) anunciando las mismas direcciones y números de sistema autónomo (ASN) simultáneamente en lugares diversos de la red<sup>30</sup>.

Al ser el mismo mecanismo que BGP utiliza para anunciar múltiples rutas hacia una única red, el mismo permite que, sin ninguna modificación en protocolos de nivel

---

<sup>30</sup> El mismo mecanismo se implementa también con protocolos de ruteo interno para implementar anycast en una red bajo una misma autoridad administrativa

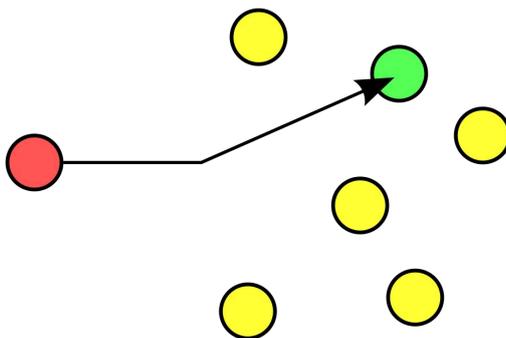
de red o superior, un servicio funcione en forma distribuida brindando mejor redundancia y eficiencia.

En particular, hace años se demostró la eficacia de este método para los servicios DNS, tanto para la publicación autoritativa como para resolutores iterativos (*iterative mode resolvers*). La mayoría de los servidores raíz y muchos proveedores de servicio DNS comerciales y no comerciales utilizan esta tecnología.

NIC Argentina decidió implementar una red anycast para hacer más eficiente y resiliente la publicación de las zonas DNS bajo su responsabilidad y convocó a ARIU y CABASE a participar del desarrollo de todo el proyecto.

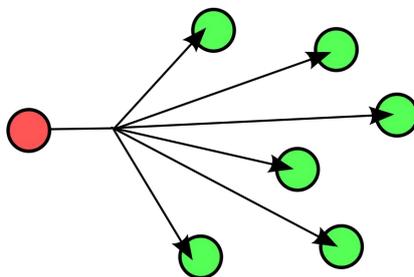
### 1.1 ¿Qué es anycast?

Existen distintas formas de comunicación en redes de datos. La más común es la comunicación *unicast*, donde un punto se comunica con otro punto directamente. Esto es análogo a una comunicación telefónica.



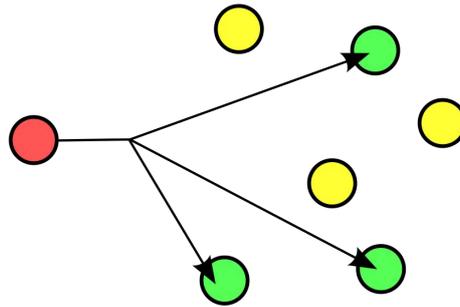
**Fig. 1. Unicast: Comunicación uno a uno.**

Otra forma de comunicación simple y bastante conocida es la denominada *broadcast*, donde un punto se comunica con *todos* los demás. Esto es análogo a una transmisión radial o televisiva.



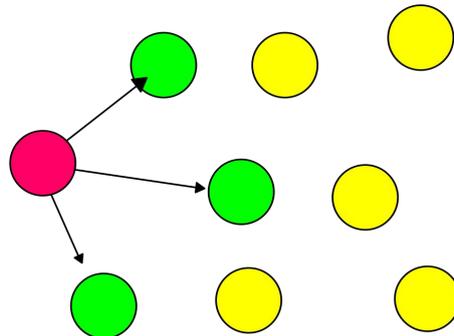
**Fig. 2. Broadcast: Comunicación uno a todos.**

Una forma de comunicación menos conocida es *multicast* en la que un nodo se comunica con algunos otros (más de uno, pero no todos). Una analogía posible es una conversación telefónica multipartita (*conference call*). En redes de datos se utiliza también para transmitir contenido multimedia (audio, video), por ejemplo, televisión digital en vivo sobre IP.



**Fig. 3. Multicast: Comunicación uno a muchos.**

Finalmente, en *anycast*, un nodo se comunica con un solo nodo, pero seleccionado dinámicamente entre muchos (normalmente por tener el camino *más corto* desde el nodo de origen).



**Fig. 4. Anycast: Comunicación uno a uno de muchos.**

**¿Para qué sirve anycast?** Anycast se utiliza para brindar redundancia y distribución geográfica (o topológica) a un servicio de red.

De este modo, un servicio que normalmente funciona en un servidor o en una granja de servidores adyacentes, se puede distribuir a lo ancho de toda internet y garantizar que una comunicación desde un cliente a ese servidor distribuido llegará al nodo más cercano al cliente.

**Red Anycast.** Se denomina *red anycast* a un conjunto de servidores distribuidos geográficamente que brindan un servicio a través de *la misma dirección IP*. Cabe acotar que *no se utilizan* balanceadores ni otros elementos dedicados a la distribución

de las conexiones, si no que se utiliza el mismo mecanismo de ruteo de la red para lograr el funcionamiento de la red anycast.

Se pueden implementar redes anycast dentro de una red privada (en el sentido de que es operada por una misma organización) utilizando el protocolo de ruteo interno de dicha red (OSPF, RIP, etc).

De todos modos, el caso que nos interesa es el de una red anycast *global* sobre internet. En este caso, la misma se implementa utilizando el protocolo de ruteo externo, BGP.

La ventaja de una red anycast es que no se requieren modificaciones en los clientes, en la red ni en los protocolos, y funciona a través de una configuración creativa del mecanismo de ruteo.

**Funcionamiento de anycast.** Para armar una red anycast se debe dedicar una subred de tamaño ruteable globalmente (esto es, al menos un /24 en IPv4 y al menos un /48 en IPv6) y un número de sistema autónomo (ASN). Estos recursos deben estar dedicados exclusivamente a la red anycast.

Cada servidor de la red anycast utilizará una dirección IP correspondiente a la red a la cual se conecta el nodo (en el sistema autónomo de esa red), y, además, la dirección IP pública tomada de la subred dedicada a anycast.

La primera dirección IP (la de la red a la cual se conecta el nodo) se utiliza para gestionar y monitorear el servidor y cargarle información. La segunda dirección (la *dirección anycast*) es la que publicará el servicio.

El servidor debe establecer una sesión BGP con el router de la red a la cual se conecta y, a través de esta sesión, publicar el ASN de la red anycast. A su vez, este router (y los demás a los cuales este se conecta) deben propagar la ruta hacia el ASN de la red anycast.

Esto se realiza con múltiples equipos en diversas redes. Cada nodo tendrá así una dirección IP unívoca (la que de la red a la cual se conecta) y una dirección IP compartida (la misma para todos), la de la red anycast.

La dirección IP de la red anycast (así como el ASN de la misma), es una dirección IP común y corriente, *indistinguible* de cualquier dirección IP unicast.

Cuando un cliente se quiere comunicar con la dirección IP de la red anycast, enviará un paquete IP cuyo campo *destino* será esa dirección IP de la red anycast. El paquete utilizará el protocolo de ruteo para llegar a destino. Al igual que sucede con direcciones de equipos bien conectados, los routers que atraviere el paquete verán varios “caminos de sistemas autónomos” (ASpaths) para llegar a esa dirección. Cada router seleccionará el *mejor* camino (ya sea el más corto, el más barato o el que esté definido por cualquier política que utilice el router) y enviará el paquete por ese camino que finalmente llegará a destino.

Ni el cliente, ni los routers que reciben y redirigen el paquete, saben que los múltiples caminos que ven pueden estar dirigiéndolo a servidores que están geográficamente dispersos.

Desde el punto de vista de internet, una red anycast *parece* un solo servidor que tiene conexiones directas hacia muchas redes geográficamente dispersas.

**Servicios bajo anycast.** Si bien cualquier servicio de internet podría configurarse en una red anycast, los servicios sin conexión (por ejemplo, a través de UDP) son los que no suelen tener ningún problema para ser implementados.

Como se pueden agregar o quitar nodos de la red anycast, ya sea por configuración, por mantenimiento o por fallas, un servicio que mantiene una conexión corre el riesgo de que en el medio de la conexión cambie el ruteo y los paquetes al ser enviados a través de un camino distinto, podrán llegar a un nodo distinto que, obviamente, no tiene el estado de la conexión, por lo que dicha conexión fallará.

De todos modos, servicios TCP que utilizan protocolos de nivel superior donde sólo se hace un requerimiento, se envía una respuesta y se cierra la conexión, también funcionan sin inconvenientes en una red anycast. Un ejemplo de esto es DNS bajo TCP, otro posible es HTTP de contenido estático donde el servidor puede cerrar la conexión luego de enviar una respuesta.

Uno de los servicios que más implementaciones tiene en redes anycast es el DNS. En particular 12 de los 13 *servidores raíz* están implementados sobre redes anycast.<sup>31</sup> NIC Argentina tiene instalado en su centro de datos una instancia del servidor raíz L, l.root-servers.net, operado por ICANN.

## 2 El Proyecto

Durante el año 2016, NIC Argentina pasó de trabajar bajo una estructura vertical y funcional, organizada principalmente de acuerdo a las áreas operativas que la componen, para comenzar a trabajar bajo una estructura matricial que, si bien continúa con el enfoque operativo, también incorpora un intenso trabajo de equipos con integrantes de varias áreas agrupados con el principal objetivo de llevar a cabo proyectos incorporando a la totalidad del equipo NIC.

Para promover este proceso de cambio se implementaron durante 2016 diversas estrategias como: realización de reuniones regulares con todo el personal de NIC Argentina y reuniones del equipo de coordinación; empleo de herramientas de seguimiento de proyectos, sistema de tickets y administración del tiempo; conformación de equipos de trabajo por proyecto, identificando un líder para cada uno; identificación de los integrantes de cada área con mayor potencial, con los cuales se hicieron tareas de seguimiento y se promovieron capacidades de liderazgo que les permitieran asumir nuevos roles como responsables de cada área.

En este marco, NIC comenzó a construir las bases para incorporar la Oficina de proyectos (PMO) y lograr una asignación más eficiente de los recursos a proyectos de mayor importancia desde el punto de vista estratégico como Anycast.

Es importante destacar la importancia de la participación del sector académico en este proyecto y, en general, en proyectos de carácter tecnológico, donde existen continuos avances e instancias de investigación. Desde esta perspectiva la participación del sector académico, de las Universidades Nacionales representadas por la Asociación Redes de Interconexión Universitaria –ARIU son claves para el éxito del proyecto.

---

<sup>31</sup> El servidor B, b.root-servers.net está localizado únicamente en la University of Southern California (USC), en Los Angeles, California, Estados Unidos.

Paralelamente, la activa participación del sector privado, en este caso de los ISP representados por CABASE, permite establecer la sinergia que organismos como NIC Argentina necesitan para construir una Internet en donde intervengan múltiples partes interesadas, debatiendo de manera conjunta el desarrollo de la infraestructura y la administración de los recursos de internet para contar con una Internet segura y confiable. Se busca que todos los sectores interesados formen parte de los procesos de discusión e implementación de proyectos que hacen al desarrollo y mejora de internet. Dentro del ecosistema de internet se considera exitoso que la innovación y el empoderamiento surjan como parte de un enfoque descentralizado y colaborativo de múltiples partes interesadas hacia la *gobernanza de internet*.

Para esto, se realizó un acuerdo de colaboración marco entre CABASE y la Secretaría Legal y Técnica (organismo del cual depende NIC Argentina) y entre esta última y la ARIU. El trabajo conjunto realizado se tradujo en reuniones semanales y en equipos de trabajo que aportaron no sólo en la parte técnica sino también en el seguimiento y gestión del proyecto.

El Acta de Constitución del Proyecto RANA, firmado por todos los actores involucrados, describe al mismo de la siguiente manera:

*“Implementar una red Anycast con soporte IPv4 e IPv6 que replique los servicios de DNS de primer y segundo nivel en múltiples nodos, ubicados en distintos sitios geográficos en la región.*

*“El proyecto incluye definir los componentes y tecnologías necesarias, respetando las buenas prácticas, para la construcción de nodos Anycast, los cuales ofrecerán el servicio de publicación de DNS y establecer un procedimiento estandarizado para el despliegue de dichos nodos.”*

## **2.1 Objetivo general**

Robustecer la infraestructura de publicación de servidores de nombre (DNS) ubicándolos en lugares clave para mejorar el desempeño, la seguridad y la disponibilidad del servicio.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- Replicar los servicios de DNS en múltiples sitios.
- Aprovechar la infraestructura de redes existente
- Mejorar la estabilidad del servicio y la experiencia del usuario
- Afianzar las relaciones con el ecosistema de internet nacional e internacional
- Propiciar el desarrollo de redes Anycast en América Latina, proponiendo esta experiencia como ejemplo a implementar
- Publicar el resultado del proyecto y sus lecciones aprendidas

### 2.3 Work breakdown structure (WBS)

**Tabla 1. WBS del proyecto**

ANYCAST							
Gestión	Diseño del sistema de administración	Comité de seguimiento	Administración y Operación	Acuerdos con lugares a instalar	Implementación de servidores	Adquisiciones	Comunicaciones
ACP	Diseño del sistema	Definir responsabilidades	Definir esquema de Administración	Seleccionar lugares a instalar	Solicitud de publicación de BGP	Servidores	Interna
Seguimiento	Armado de la maqueta	Definir reglas y procesos de locaciones		Modelo de acuerdo colaborativo	Logística para instalación de servidores	AS, IP	Externa
Manual de buenas prácticas	Definir paquete de instalación			Realizar Acuerdos	Contacto con equipo técnico de sitios		
	LAB Operativo				Envío e instalación básica		
	Disponibilizar AS				Configuración nodos		
					Generar nodos funcionales		

### 3 Red Anycast de NIC Argentina (RANA)

En la actualidad, un mecanismo llamado *anycast* que permite utilizar una misma dirección IP en múltiples servidores distribuidos por el mundo en diversas redes, se utiliza para brindar (entre otros) servicios de DNS incrementando notablemente, no sólo la confiabilidad del servicio, sino también la velocidad de resolución para el usuario.

En forma completamente transparente, y con los mecanismos nativos de ruteo de internet, cuando se hace una consulta a un servidor en una dirección *anycast*, responde

el servidor que esté activo y funcionando en forma correcta que esté ubicado topológicamente más cerca del cliente que hizo la solicitud, logrando de este modo una respuesta más rápida que si respondiera un servidor más alejado.

Dos de los servicios secundarios externos que utiliza NIC Argentina (PCH y RIPE-NCC) cuentan con esta tecnología. Durante 2016 NIC Argentina inició el proceso de armar su propia red anycast.

Para llevar adelante el proyecto se involucró desde el comienzo a la Red de Interconexión Universitaria (ARIU) y a la Cámara de Internet (CABASE).

### **3.1 Armado de la red y puesta en marcha**

Se diseñó la orquestación para instalación remota de los nodos y el sistema de monitoreo de los nodos y la red.

Se adquirieron los servidores (hardware) para la red, las direcciones IP y el Número de Sistema Autónomo (ASN) para dedicar a la red anycast.

El nodo de Brasil, ubicado en São Paulo ya está operativo, mientras que el de Chile, en Santiago, si bien ya está operativo, todavía falta la publicación del ASN de RANA a través del ccTLD Chile.

Los cuatro primeros nodos en Argentina, más el nodo de Brasil, ya están operativos; en algunos casos falta que los proveedores que dan servicio a los organismos donde se instalaron los nodos levanten los filtros para que cada uno de ellos sea visible desde cualquier lugar del mundo (NIC Argentina ya remitió las cartas necesarias para iniciar ese trámite, pero el trámite está demorado por parte de algunos proveedores).

En enero de 2017 se hizo efectiva la delegación del servicio en IANA, lo que concluye la primera etapa del proyecto.

Según lo previsto en la implementación y seguimiento del proyecto, cada etapa del mismo se encuentra documentado para permitir la replicación del proceso por parte de otros TLD interesados en armar su propia red anycast.

### **3.2 Pasos siguientes**

Durante 2017 se instalarán servidores en los puntos ya definidos en el proyecto: en el IXP de CABASE de Posadas, Misiones, ubicado en la Universidad Nacional de Misiones; en el IXP de CABASE de Neuquén y en el IXP de CABASE de Jujuy, ubicado en la Universidad Nacional de Jujuy.

También se definirán más puntos estratégicos para instalación de nodos, de ser posible, en ARSAT y en otros puntos bien conectados del país de modo de mejorar el servicio para la mayor cantidad de usuarios.

Asimismo, se realizarán laboratorios para desarrollar una tecnología alternativa de servidores (tanto el sistema operativo como el servicio de publicación de DNS), de modo tal de contar con una red más confiable en el caso de que se encuentren vulnerabilidades en alguno de los servicios utilizados.

Por otra parte, se intentará realizar acuerdos con otros ccTLD para intercambio de servicio (como se hizo con Chile y Brasil) de modo de ampliar el alcance regional e internacional de la RANA.

También se estudiará un modelo de participación para otros organismos, empresas de telecomunicaciones y proveedores de servicio de internet en el cual el nodo de RANA se instale en equipamiento del organismo o proveedor de servicios.

### **3.3 Actores**

*NIC Argentina* es responsable de la operación del ccTLD .ar y registra dominios en la mayoría de las zonas de segundo nivel del mismo: .com.ar, .net.ar, .gob.ar, etc.

*ARIU* administra la red de interconexión entre las Universidades argentinas y es responsable del registro y operación de la zona .edu.ar. Es también el operador de una red propia de alcance nacional que interconecta más de 50 Universidades y otras entidades educativas y de investigación por medio de enlaces dedicados, utilizando IPv4 e IPv6.

*CABASE* es la cámara que agrupa a las empresas proveedoras de servicios de internet en Argentina, cuenta con más de 300 asociados y opera múltiples IXP distribuidos en el país. Asimismo, coordina la operación de más de 20 puntos de interconexión (IXP) distribuidos en todo el país.

### **3.4 Infografía del proyecto**

## RED ANYCAST DE NIC ARGENTINA - RANA

NIC Argentina administra el registro de nombres de dominio y asegura el funcionamiento del DNS (Sistema de Nombres de Dominio) para el ccTLD '.ar'. Para esto NIC actualiza el archivo de zona (listado de dominios registrados y delegados) las 24 horas, durante los 365 días del año y lo publica a Internet desde servidores de nombre (DNS).

### ¿QUÉ ES UNA RED ANYCAST?

**Anycast** es una forma de direccionamiento en la que **la información es enrutada al nodo más cercano o al mejor** desde el punto de vista de la topología de la red.

Una red Anycast DNS permite que un conjunto de servidores con la información autoritativa del DNS funcionen **como si fuesen uno solo pero en forma distribuida geográficamente**, permitiendo repartir la carga y **evitar que la caída de uno de ellos o de una parte considerable de la red afecte la publicación de los servicios DNS**, garantizando la visibilidad de los sitios '.ar' en internet.

El uso de Anycast mejora la estabilidad del servicio y la experiencia del usuario.





## ¿QUÉ ES EL PROYECTO ANYCAST?

El proyecto busca implementar una **red Anycast** con soporte IPv4 e IPv6 que **replique los servicios de DNS de primer (.ar) y segundo nivel (.com.ar, .org.ar, etc.) en múltiples nodos autoritativos, ubicados en distintos sitios geográficos en la región**. De esta forma se mejoraría la disponibilidad, seguridad y performance de la red.

El proyecto incluye definir los componentes y tecnologías necesarias para la construcción de nodos **Anycast** que ofrecerán el servicio de publicación de DNS y establecer un procedimiento estandarizado para el despliegue de dichos nodos.

### OBJETIVOS:

Robustecer la infraestructura de publicación de servidores de nombre (DNS) ubicándolos en lugares clave para mejorar el desempeño, la seguridad y la disponibilidad del servicio.

- Replicar los servicios de DNS en múltiples sitios
- Aprovechar la infraestructura de redes existentes
- Mejorar la estabilidad del servicio y la experiencia del usuario
- Afianzar las relaciones con el ecosistema de internet nacional e internacional



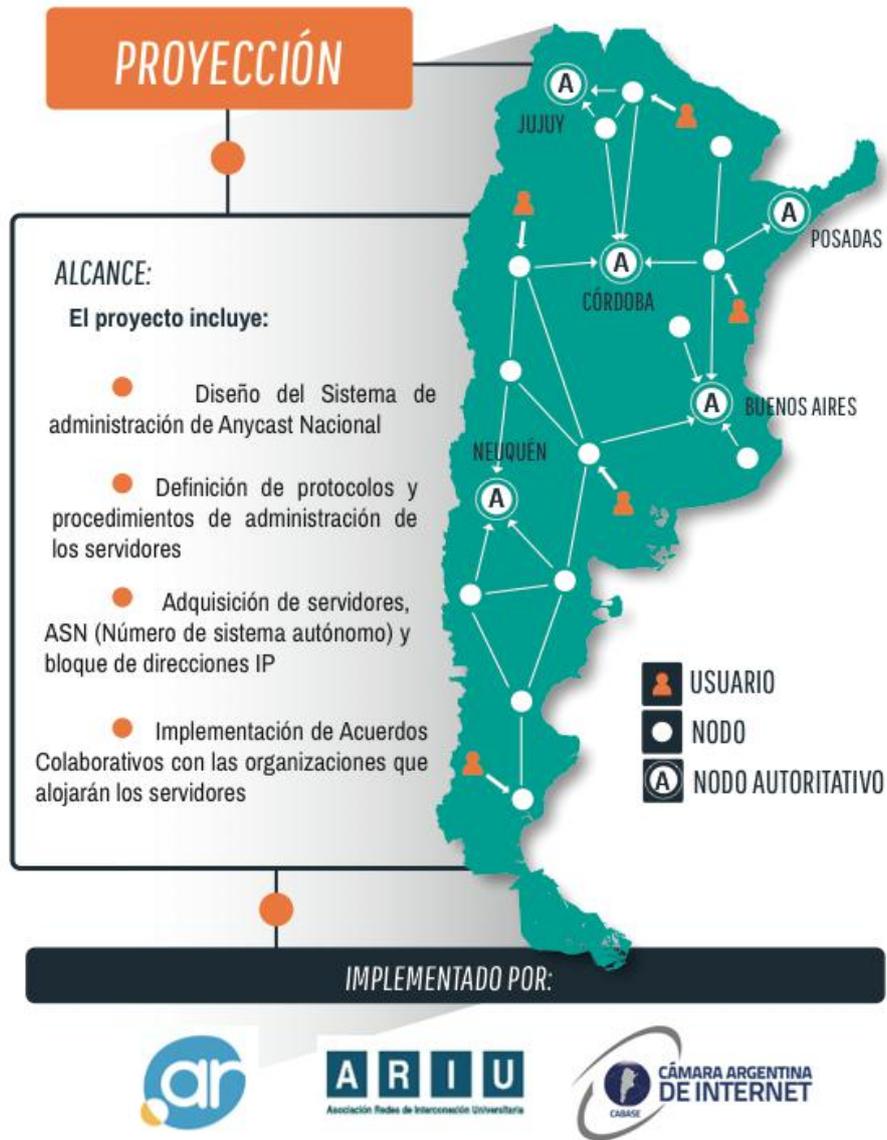


Fig. 5. Infografía del proyecto RANA

## 4 Gestión del proyecto

El inicio del proyecto fue definido por la firma del Acta de Constitución del Proyecto por parte de todos los representantes de las entidades participantes. Para elaborar esta acta se realizaron varias reuniones (brainstorming, reuniones de expertos) en las cuales se establecieron los objetivos, fases, componentes y alcance del proyecto.

Posteriormente se realizó la planificación del proyecto a través del WBS, Work breakdown structure (ver sección 2.3), el plan de adquisiciones, el cronograma y plan de comunicaciones.

Durante la implementación se establecieron reuniones quincenales de seguimiento y control de avance en las que participaron las partes interesadas. En algunas de estas reuniones participaron en forma remota representantes de Universidades miembros de ARIU a través de videoconferencia. Se realizaron periódicamente reuniones técnicas y laboratorios de trabajo.

Como herramienta de seguimiento y control se utilizó Redmine y se colocó especial atención en la recopilación de la documentación técnica y de gestión del proyecto a modo de garantizar su posterior publicación para cualquier entidad interesada en implementar una red Anycast en condiciones similares.

### 4.1 Selección de puntos de presencia RANA

En diversas reuniones entre NIC Argentina, ARIU y CABASE se acordaron criterios de elegibilidad para ubicar nodos de RANA (ver sección 5.2). Los criterios en general están relacionados con la conectividad del sitio; disponibilidad de IPv4, IPv6 y BGP; infraestructura eléctrica, de acceso y seguridad razonable; distribución geográfica (ver sección 3.4), etc.

Los primeros puntos seleccionados entre los participantes del proyecto fueron:

- Centro de datos propio de NIC Argentina
- Nodo central de ARIU
- IXP Buenos Aires (nodo central de CABASE)
- Centro Nacional de Datos ARSAT
- IXP Posadas (CABASE y Universidad Nacional de Misiones)
- IXP Neuquén (CABASE)
- IXP Jujuy (CABASE y Universidad Nacional de Jujuy)
- Centro de datos del Servicio Meteorológico Nacional

También se realizaron acuerdos con NIC Brasil y NIC Chile para la instalación de sendos nodos de RANA en las redes de dichas organizaciones.

### 4.2 Adquisición y despliegue de equipamiento

NIC Argentina adquirió servidores adecuados para el servicio DNS autoritativo a fin de dedicarlos exclusivamente a la RANA.

El equipamiento para los nodos iniciales seleccionados se encuentra ya distribuido o en proceso de distribución. Con respecto a NIC Chile y NIC Brasil, la instalación se

realizó sobre equipamiento entregado en comodato por dichos organismos, del mismo modo, NIC Argentina disponibilizó equipamiento de la RANA para que sea utilizado por NIC Chile y NIC Brasil en sus propias redes anycast.

También se adquirió a LACNIC una red IPv4 (/24) y un ASN para dedicar exclusivamente a RANA. Para conectividad IPv6 se utiliza una subred (/48) de las que ya tiene asignadas NIC Argentina.

## 5 Tecnología

Se definió inicialmente que se desarrollarían dos plataformas diferentes, utilizando distinto sistema operativo y distinto software de publicación DNS.

A fin de poder tener la red operativa antes de finalizar 2016 se determinó una primera fase con una arquitectura y quedó el desarrollo de la segunda arquitectura para 2017.

**Plataforma.** La arquitectura inicial consiste en FreeBSD (versión 10.x actual), BIND 9 (versión 9.9.9-x actual) y Quagga (versión 0.99.x actual), en conjunto con scripts desarrollados por el equipo de NIC Argentina.

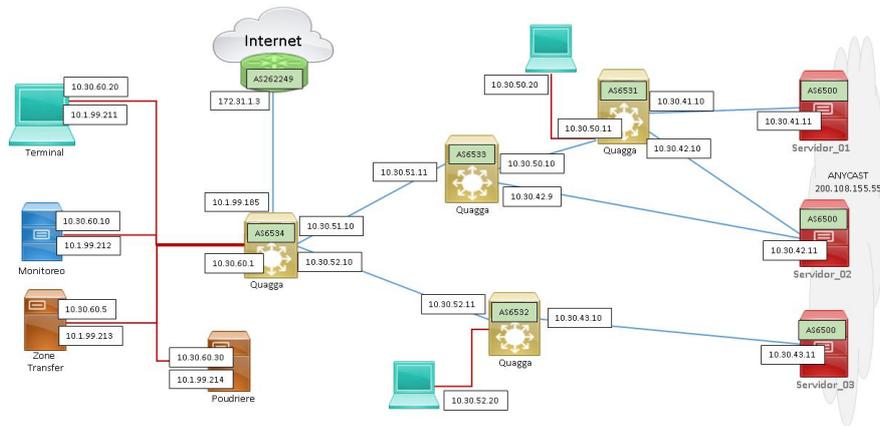
En la segunda fase del proyecto se desarrollará una arquitectura alternativa en base a alguna distribución Linux robusta y otro servidor DNS (NSD, PowerDNS, etc.).

**Monitoreo y Control de Configuración.** Para el monitoreo de los equipos que conforman la red anycast se utiliza la herramienta abierta Zabbix. Para orquestar la distribución de configuraciones y actualizaciones se utiliza Ansible.

### 5.1 Laboratorios para el desarrollo técnico

Para plantear, definir y probar la solución técnica se realizaron cuatro laboratorios con la participación de técnicos de NIC Argentina, ARIU y CABASE. En los mismos se plantearon diversas alternativas y se probaron y ajustaron soluciones hasta llegar a una arquitectura funcionalmente correcta, eficiente y segura.

**Maqueta.** En el primer laboratorio, se diseñó una maqueta de la red sobre la cual poder, luego, realizar pruebas funcionales. En la misma se utilizaron inicialmente máquinas virtuales y los routers fueron implementados con Quagga.



**Fig. 6. Maqueta lógica para realización de pruebas funcionales de la red anycast.**

**Laboratorio Operativo.** En este laboratorio se llevó adelante un conjunto de casos de prueba para verificar la conectividad, el funcionamiento del DNS y la redundancia y reenrutamiento automático de consultas ante caídas en la red.

**Laboratorio de Segurización.** Una vez validada la funcionalidad de la red, los técnicos realizaron un laboratorio para segurizar toda la arquitectura a través de distintas técnicas de *hardening* tanto del sistema operativo como de los paquetes y herramientas utilizados.

**Laboratorio de Performance.** Finalmente se utilizó un servidor idéntico a los que se pondrán en producción para realizar pruebas de *stress* de DNS. La simulación de consultas se realizó desde un equipo bastante más poderoso que dicho servidor con una conexión de 1Gbps que, en las pruebas realizadas pudo sostener un 75% del ancho de banda de la conexión (750Mbps).

Una vez ajustados los parámetros de performance, se logró un máximo de 165.000 QpS (queries per second) en el servidor DNS.

Una vez satisfechos con los resultados obtenidos en los laboratorios, se dispuso que la arquitectura es apta para la puesta en producción de la RANA.

## 5.2 Características mínimas y recomendadas que deberá cumplir un sitio para la instalación de un NODO de la RED ANYCAST DE NIC ARGENTINA (RANA)

### Condiciones de Conectividad / Enlaces

- **Requisitos mínimos**
  - Los sitios deberán poseer IPV4 e IPV6 (*dual stack*)

- El enlace que disponga el sitio deberá ser de tipo dedicados con acuerdos de servicio.
- Se deberá disponer de 5Mbps (min) reservado al nodo (*upload*).
- Se deberán disponibilizar dos direcciones IPv4 y dos direcciones IPv6 públicas (una para IPMI y una adicional para servicios)
- El sitio deberá poder generar sesiones BGP y deberán generar propagación a sus *carriers* a internet.
- Al menos dos bocas disponibles para conexión RJ45
- **Requisitos recomendables**
  - Calidad de servicio (QoS)
  - Disponibilidad de enlace redundante
  - Disponibilidad de 10Mbps del enlace (reserva)

#### Condiciones Eléctricas

- **Requisitos mínimos**
  - UPS
  - Dos líneas de electricidad (Para poder realizar la conexión de fuentes redundantes)
  - 220V
- **Requisitos recomendables**
  - Generador eléctrico

#### Condiciones Ambientales

- **Requisitos mínimos**
  - Aire Acondicionado
- **Requisitos recomendados**
  - Sistema ignífugo y Sensores ambientales (humedad, etc)

#### Condiciones de NOC / Generales del Sitio

- **Requisitos mínimos**
  - Sala cerrada
  - Deberá presentar control de acceso
  - Acceso físico / Operadores [5x8]
  - 1RU para instalación física del equipo (19 pulgadas para servidores)
  - Condiciones edilicias acordes a la instalación de servidores
- **Requisitos recomendados**
  - Presentar un sistema de monitoreo
  - Acceso físico / Operadores [7x24]

### 5.3 Puesta en producción

Una vez definida la arquitectura inicial y distribuidos los primeros servidores, NIC Argentina hizo la puesta en producción de los mismos. Esto se hizo a través de un proceso automatizado orquestado con Ansible que permite que, luego de la configuración de las direcciones IP de gestión del servidor en la red a la cual se conecta el nodo, toda la distribución, actualización y configuración del software se haga en forma automática.

Luego de un período de prueba en producción, se hizo la delegación en IANA de RANA bajo el nombre *e.dns.ar*.

La red se encuentra operativa y funcionando públicamente (con la delegación en IANA) a partir del 4 de febrero de 2017.

## 6 Segunda etapa

En 2017 se está desarrollando la segunda etapa del Proyecto RANA para construir sobre la base de lo ya realizado sobre los siguientes lineamientos.

**Nuevas Redes Anycast.** En este momento NIC Argentina opera directamente servidores en tres direcciones (a.dns.ar, b.dns.ar y e.dns.ar).

Además, NIC Argentina cuenta con el servicio de secundario brindado por PCH (c.dns.ar) y por RIPE NCC (ar.cctld.authdns.ripe.net), ambos en redes anycast, y, por un acuerdo con la Cancillería Argentina, esta opera un secundario (unicast) en d.dns.ar.

Durante este año se desarrollarán dos redes anycast nuevas a fines de reemplazar los servidores unicast a.dns.ar y b.dns.ar y se incorporará el servidor de la Cancillería a una de las redes anycast. De este modo, todo el servicio de publicación autoritativa de nombres bajo la órbita de NIC Argentina estará en redes anycast.

NIC está adquiriendo nuevos recursos a LACNIC para este fin y, como parte de la segunda fase del Proyecto RANA, realizará la adquisición de servidores y la selección de puntos de presencia.

**Validación de arquitectura alternativa.** Para brindar mayor robustez a la red, se desarrollará y validará una arquitectura alternativa, con un sistema operativo distinto y otro servidor DNS, de modo tal que, ante eventuales problemas de seguridad con una arquitectura, no se vean afectados la totalidad de nodos de una red.

**Acuerdos de intercambio con otros ccTLD de la región y el resto del mundo.** Se buscará realizar acuerdos similares a los operados con los ccTLD de Brasil y Chile que permitan la expansión de RANA en la región y el mundo, brindándole a su vez la facilidad de utilización de nuestro equipamiento a través de nuestra red a otros ccTLD.

**Acuerdos de publicación de zonas para otros ccTLD de la región.** Se estudiarán acuerdos para que otros ccTLD de la región puedan publicar sus zonas en RANA, permitiendo mejorar la resolución de nombres para la región en general.

**Modelo de acuerdo de operación sobre hardware ajeno.** Se estudiará la posibilidad de establecer acuerdos con operadores de redes y proveedores de servicios de internet que permitan instalar un nodo de RANA sobre hardware que sea propiedad del operador y que sea operado por NIC Argentina. Se estima que muchos proveedores de servicios estarán interesados en esta modalidad debido a que contar con un nodo

autoritativo local brinda una mayor velocidad de resolución y un mejor servicio a los clientes.

Antes de permitir esta modalidad en forma generalizada se deberá validar que escalen los mecanismos de orquestación y mantenimiento en forma adecuada.

**RANA-in-a-box.** Se desarrollarán ambas arquitecturas en un formato paquetizado, ya sea a través de máquinas virtuales o *containers*, que facilite el despliegue tanto en hardware propio como ajeno.

**Reportes.** Se desarrollará un mecanismo de reportes que permita estudiar la utilización de los diversos nodos de RANA y el origen de las consultas que reciben, de modo tal de poder seleccionar la ubicación geográfica y topológica de nuevos nodos en base a esta información.

## 7 Conclusiones

El proyecto anycast nace durante el año 2016 desde NIC Argentina con el propósito de optimizar la publicación de su servicio autoritativo de nombres de dominio de nivel superior .ar, conjuntamente con las zonas de segundo nivel en las que brinda servicio de registro a sus usuarios. Dentro de la nueva forma de trabajo que se comenzaba a implementar en NIC Argentina (bajo una estructura matricial y por gestión de proyectos), esta iniciativa fue pensada como motor inicial para el trabajo colaborativo y de participación de múltiples partes interesadas donde cada sector pudiera ser parte desde la concepción misma del proyecto y aportar desde su fortaleza allí donde resultaba esencial.

Se ha logrado el objetivo primordial de robustecer la infraestructura de publicación de servidores de nombre (DNS) ubicándolos en lugares clave para mejorar el desempeño, la seguridad y la disponibilidad del servicio brindado. La red se encuentra operativa y funcionando públicamente (con la delegación en IANA) a partir del 4 de febrero de este año. Los pasos consecutivos a esta implementación son desarrollar nuevas redes anycast, validar una arquitectura alternativa utilizando un sistema operativo diferente; propiciar acuerdos de intercambio similares con otros ccTLDs de la región; favorecer acuerdos de publicación de zonas para otros ccTLD de la región entre otros puntos que forman parte de la continuidad del proyecto.

El proceso para llevar adelante este proyecto, permitió que tanto el sector académico, el sector privado y el técnico, con reconocida constancia en el proceso, pudieran aportar y llevar adelante un proyecto en común aportando cada uno desde su rol el conocimiento y experiencia para la propender a la mejor implementación ideada. Permitted crear y afianzar lazos preexistentes entre las organizaciones parte, incorporar la Oficina de Proyectos (PMO) dentro de nuestra organización y propiciar la creación de nuevos proyectos en común.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al trabajo colaborativo de las siguientes instituciones: ARIU, CABASE y NIC Argentina

Los autores desean expresar su agradecimiento a Santiago Liz, Carlos Matrangolo, Luciano Minuchin, Andrés Pugawko, Gerardo Osterrieth, Santiago Alberch, Francisco Ruiz, Sebastián Motta, Rodrigo Jiménez, Nabil Saez y Sandra Chisté.

## Referencias

1. Abley, J., Lindkvist, K.: RFC 4786, BCP 126: Operations of Anycast Services. IETF (2006) <https://tools.ietf.org/html/rfc4786>
2. Partridge, C., Mendez, T., Milliken, W: RFC 1546: Host Anycasting Service. IETF (1993) <https://tools.ietf.org/html/rfc1546>
3. Abley, J: Hierarchical Anycast for Global Service Distribution. ISC (2003) <https://ftp.isc.org/isc/pubs/tn/isc-tn-2003-1.html>
4. Abley, J: A Software Approach to Distributing Requests for DNS Service using GNU Zebra, ISC BIND 9 and FreeBSD. ISC (2004) <https://ftp.isc.org/isc/pubs/tn/isc-tn-2004-1.html>
5. Root Server Operators, <http://www.root-servers.org/>
6. B Root, <https://b.root-servers.org/>
7. L Root: ICANN DNS, <http://www.dns.icann.org/>
8. Rekhter, Y., Li, T., Hares, D., Editors: RFC 4271: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). IETF (2006) <https://tools.ietf.org/html/rfc4271>

## **Estrategia de migración de un Sistema Legado utilizando la Metodología “Chicken Little” aplicada al Sistema de Bedelías de la Universidad de la República de Uruguay**

Cristina González, Mariela De León,

Servicio Central de Informática de la Universidad de la República,  
Colonia 2066, Montevideo, Uruguay,  
cristina.gonzalez@seciu.edu.uy, mariela.deleon@seciu.edu.uy

**Resumen.** En este trabajo se presenta la estrategia utilizada en la Universidad pública de la República Oriental del Uruguay (Udelar) en el proyecto de cambio de su Sistema legado de Bedelías (SGB) a uno nuevo (SGAE). El mismo es considerado uno de los sistemas de gestión más importante y fundamental de la organización. En dicho sistema se registra, desde hace más de 15 años, toda la actividad de los estudiantes así como su egreso. Este sistema administra el 83% del estudiantado universitario y el 75% de los profesionales del país [1]. Es considerado por tanto un sistema de misión crítica. Al momento de abordar un proyecto de cambio de la envergadura de este sistema, el área central de informática de la Universidad, se enfrentó a la necesidad de idear una estrategia de implementación del proyecto que le permitiera transitar gradualmente del sistema legado a uno nuevo con los recursos técnicos disponibles y con el menor impacto posible. Es así que los informáticos analizaron metodologías de migración de sistemas legados y decidieron utilizar la metodología Chicken Little para el despliegue del nuevo Sistema de Bedelías de la Universidad. Pero una metodología de diseño puramente informático debe ser acompañada con una metodología de gestión del proyecto que permita avanzar definiendo objetivos alcanzables a corto plazo, que mantenga la motivación de los usuarios involucrados así como la de los integrantes del staff, en un proyecto considerado de largo alcance. Asimismo debe permitir también la revisión e incorporación de funcionalidades en cada etapa a definir. Aquí se muestra una posible combinación de aplicación de la metodología Chicken Little con una metodología de gestión de proyecto que desarrollada en el caso de un sistema complejo de la Universidad ha resultado una combinación que le permite a la organización avanzar en las etapas definidas del proyecto y transitar exitosamente por el cambio.

**Palabras Clave:** Chicken Little, migración sistema legado, sistema misión crítica, gestión proyecto, sistema bedelías, sistema de gestión de la enseñanza.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software.

### **1 Introducción**

La metodología propuesta en éste artículo surge y está siendo aplicada en el proyecto SGAE de implantación del nuevo Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza de la Universidad de la República de Uruguay – Udelar.

La Udelar es una institución de educación terciaria que se organiza en facultades y escuelas que se agrupan en áreas de conocimiento (ver sección Caso de estudio en números).

Como parte de la política de descentralización de la Udelar las facultades y escuelas tienen representación en centros distribuidos en todo el interior del país organizados en centros regionales. En estos centros regionales se dicta parte de la oferta académica que también se dicta en las facultades y escuelas de referencia académica ubicadas en la capital del país. Estas facultades, escuelas y centros regionales se denominan en el Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza, servicios.

Las oficinas de bedelías de los distintos servicios son las que realizan la gestión de toda la oferta académica de la institución y atienden pedidos de información de las áreas de apoyo a la enseñanza para ser utilizada en la toma de decisiones. Las bedelías son el primer contacto del estudiante con la institución a la cual ingresan para cursar alguna de sus múltiples carreras.

Un estudiante puede inscribirse a una carrera, por ejemplo: en el servicio Facultad de Derecho y el mismo año o el año siguiente inscribirse en el servicio Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación para cursar otra carrera.

La Udelar es además una institución pública que recibe estudiantes de distintas instituciones públicas y privadas de educación media, por lo tanto es común que los estudiantes se inscriban a más de una carrera ya que además la institución es de acceso gratuito en todas sus carreras de grado. Desde hace varios años la institución plantea el concepto de estudiante Udelar en lugar del concepto de estudiante por servicio ya que los estudiantes describen trayectorias de estudio que atraviesan los distintos servicios. Para apoyar este concepto se presenta la necesidad de un cambio en su sistema de gestión, para que centralice la información de todos los servicios en un único repositorio central donde el estudiante pase a ser único.

El Sistema de Gestión de Bedelías – SGB es el sistema legado que está siendo reemplazo por el SGAE, es un sistema considerado de gran porte, transversal (utilizado por todas las bedelías de todos los servicios de la Udelar) y de misión crítica para la institución que tiene más de 15 años en producción.

El SGB es un sistema de gestión descentralizada con datos comunes descentralizados, cada servicio de la Udelar tiene un servidor con una instancia de SGB. Los distintos servidores SGBs no se comunican entre si y la información está compartimentada, cada servicio accede al conjunto de datos que ingresa y gestiona.

El SGB utiliza los siguientes conceptos: i) el estudiante es estudiante de un servicio (facultad o escuela), ii) si una carrera es compartida entre más de un servicio entonces la información se ingresa en los SGBs de ambos servicios, con lo que se tiene redundancia de datos, iii) en SGB toda oferta académica es una carrera y por ejemplo los Ciclos Iniciales Optativos que tienen una formación común a un área de conocimiento y que permiten el ingreso posterior a cualquiera de las carreras de un área son modelados como carreras, iv) si un estudiante realiza actividad en un servicio que luego le sirve para la carrera que cursa en otro servicio (la denominada movilidad horizontal del estudiante) la actividad es ingresada por las bedelías de cada servicio en su SGB, con lo que se tiene también redundancia de datos.

El SGAE por otro lado es un sistema de gestión descentralizada con datos centralizados, compartiendo información. El SGAE utiliza los siguientes conceptos: i)

estudiante de la Udelar, ii) carreras de la Udelar, iii) Ciclos iniciales optativos como opciones de ingreso a las carreras de un área específica como nuevas entidades, iii) movimiento horizontal de estudiantes, un estudiante puede tomar materias para una carrera dictada por un servicio en distintos servicios de la Udelar, iv) planes personalizados por estudiante, v) distintos perfiles en planes de una carrera.

El resto de este trabajo se organiza de la siguiente forma: en la sección 2 se presenta un resumen de las metodologías para la migración de sistemas legados, en la sección 3 la propuesta institucional de trabajo para la migración al nuevo sistema, en la sección 4 y 5 los procesos de migración y sincronización respectivamente, en la sección 6 el marco de trabajo con los usuarios del sistema, en la sección 7 se presenta la metodología para la gestión del proyecto para la migración del sistema legado al nuevo sistema, en la sección 8 el equipo de trabajo del proyecto, en la sección 9 el caso de estudio en números y por último en la sección 10 las conclusiones y trabajos futuros.

## 2 Resumen de metodologías para la migración de sistemas legados

Los problemas principales que afrontan las organizaciones con sus sistemas legados son los siguientes: i) los sistemas corren en hardware obsoleto que es caro y difícil de mantener, ii) el mantenimiento del software es caro y hacer arreglos de errores consume tiempo y dinero ya que es poca o no existe documentación de los mismos, iii) el personal técnico capacitado es escaso y es difícil conseguir nuevos recursos con experiencia en tecnologías obsoletas, iv) la interacción con otros sistemas se vuelve compleja ya que no se cuenta con interfaces apropiadas para la comunicación y v) por otra parte los datos que maneja el sistema son muy importantes para la organización y mantenerlos seguros y respaldados también es una complicación si los mismos se encuentran en tecnologías obsoletas.[2][3]

A continuación se presentan un conjunto de metodologías para migración de sistemas legados.

El método **Forward Migration** [4] propone que la base de datos se migra primero, los datos del sistema legado se pasan probablemente a un manejador de base de datos moderno y luego de forma incremental se migran las aplicaciones legadas y las interfaces. Esta metodología se basa en un Forward Gateway (un mediador entre el sistema legado y el nuevo sistema) que permite a las aplicaciones legadas acceder a la base de datos del nuevo sistema. El Gateway traduce y redirige las llamadas de las aplicaciones legadas hacia la nueva base de datos y a su vez los resultados devueltos por la base de datos son traducidas para que puedan ser usados por el sistema legado.

El método **Reverse Migration** [4] propone que la base de datos se migra al final, las aplicaciones legadas se migran gradualmente a la plataforma del nuevo sistema mientras que la base de datos permanece en la plataforma original. La migración de la base de datos del sistema legado es el último paso del proceso de migración. Esta metodología se basa en un Reverse Gateway que permite que las nuevas aplicaciones accedan al ambiente de base de datos del sistema legado. El Gateway se usa para convertir llamadas de las nuevas aplicaciones y redirigirlas al servicio de base de datos del sistema legado. El Reverse Gateway será responsable por mapear el

esquema de la nueva base de datos a la base de datos legada. Este mapeo puede ser complejo y lento y por lo tanto puede afectar los tiempos de respuesta de la nueva aplicación.

En ambos métodos de migración (Forward y Reverse), la migración de los datos puede llevar un tiempo significativo y durante ese tiempo el sistema legado estará inaccesible. Cuando nos encontramos con la migración de sistemas de misión crítica esto puede ser inaceptable.

La metodología **Chicken Little** [5][6] propone una estrategia genérica de migración de 11 pasos que utilizan gateways. En este método, el sistema legado y el nuevo sistema operan en paralelo durante la migración. Inicialmente el sistema destino (nuevo sistema) probablemente tenga pocas funcionalidades y cuente con una base de datos pequeña. Sin embargo a medida de que la migración avanza el sistema destino crece en tamaño, hasta que en determinado momento ofrece todas las funcionalidades previstas y el sistema legado puede ser apagado.

Durante el proceso de migración, el sistema de información de misión crítica está compuesto por el sistema legado y el sistema destino que usan gateways para proveer la interoperabilidad necesaria.

En la metodología Chicken Little los datos se guardan en ambos sistemas y debido a esto en muchos casos se debe introducir un gateway que coordine la consistencia de los datos entre ambos, esto introduce una complejidad técnica importante.

La metodología Chicken Little fue tomada como referencia para la migración del sistema legado SGB al nuevo sistema SGAE, en el marco del proyecto de implantación del nuevo sistema en la Udelar.

La metodología **Cold Turkey** [5][6] propone que el sistema legado tiene que ser reescrito y que todos los datos tienen que ser migrados en una operación masiva. En esta estrategia el riesgo es alto ya que el desarrollo de un nuevo sistema de gran porte puede llevar muchos años y en el camino los distintos factores que afectan al sistema podrían cambiar.

La metodología **Butterfly** [7][8] tiene como objetivo principal migrar un sistema legado de misión crítica a un sistema destino, de forma simple, rápida y segura. La metodología elimina durante el proceso de migración la necesidad de acceder simultáneamente a ambos sistemas (legado y destino), y por lo tanto evita la complejidad de mantener consistencia entre ambos sistemas de información.

La metodología Butterfly divide la migración del sistema legado en 6 fases, en particular la fase 4 refiere a la migración de los datos.

La metodología Butterfly durante la migración guarda los datos vivos del lado del sistema legado y por lo tanto el sistema destino no estará en producción hasta que el proceso de migración completo finalice. Esta es una diferencia con respecto a los enfoques basados en gateway donde los datos vivos están distribuidos en ambos sistemas (legado y destino) durante la migración.

### **3 Propuesta institucional de trabajo para la implantación del nuevo sistema**

La metodología propuesta tiene como objetivo realizar la migración y puesta en producción del SGAE (Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza), a partir de los datos existentes en el sistema legado SGB (Sistema de Gestión de Bedelías) de forma de minimizar el impacto del cambio.

La metodología se basa en una serie de etapas incrementales en funcionalidad donde cada etapa es aplicada a todos los servicios de la Udelar al mismo tiempo. Las etapas migran y hacen sincronización de un grupo de entidades hasta llegar a la etapa final donde el SGB se apaga y el SGAE pasa a ser el sistema titular en producción.

A continuación, se presenta la planificación de liberación de funcionalidades del sistema SGAE, que está basada en liberar a los usuarios funcionalidades siguiendo un criterio de precedencia que considera primero lo básico que una bedelía tiene que definir para dar inicio a una gestión de estudiantes.

**Etapas 1:** Definición de la oferta académica y sistemas de previaturas. Los usuarios pueden definir en el SGAE carreras, planes de estudio, títulos y materias (unidades curriculares que forman los distintos planes de estudio). El sistema permite la definición de los distintos sistemas de previaturas que rigen la cursada de las materias dentro de un plan de estudio determinado.

**Etapas 2:** Ingreso de estudiantes, inscripciones a carreras, ciclos iniciales optativos y perfiles y cambios de plan. Registro de egresos a los distintos títulos (títulos totales, parciales y certificados) según las condiciones de obtención definidas para los mismos.

**Etapas 3:** Entrega de escolaridad por SGAE, para eso es necesario el pasaje de todas las actividades de los estudiantes de cada uno de los SGBs a la base centralizada del SGAE con su previa unificación de datos.

**Etapas 4:** Inscripciones a cursos y exámenes en las distintas unidades curriculares que forman los planes de estudio de cada una de las carreras dictadas en la institución. Las inscripciones se realizan en su mayoría por parte de los propios estudiantes a través de la nueva autogestión estudiantil del SGAE.

**Etapas 5:** Pasaje y Emisión de actas, Control de Inhabilitados y Generación de actividades por cambios de plan o reválidas.

Dado que las bedelías son la puerta de entrada de los estudiantes a la Udelar el sistema SGB es considerado un sistema transversal y de misión crítica para la institución. El sistema apoya la gestión de la actividad estudiantil así como también el registro y gestión de sus egresados. La información en el sistema permite la inscripción a las distintas carreras que ofrece la Udelar en cada uno de sus servicios, la inscripción a cursos y exámenes, la emisión de la escolaridad estudiantil y la gestión del egreso previo a la emisión de los títulos universitarios.

En situaciones similares donde otros sistemas transversales de la institución fueron reemplazados la metodología aplicada se basaba en seleccionar un conjunto acotado de servicios para poner en producción el sistema. Luego de finalizada la implantación en los servicios seleccionados se pasaba a elegir un nuevo conjunto de servicios hasta cubrir la totalidad de los mismos. Esta metodología de trabajo requería que el sistema a implantar estuviera completamente finalizado y que todos los requerimientos fueran conocidos al inicio. Las particularidades de cada servicio no podían ser conocidas en

su totalidad hasta que el servicio pasaba a integrar el conjunto de servicios en producción.

La nueva metodología propuesta que lleva el SGAE a la vez a las bedelías de todos los servicios de la Udelar presenta las siguientes ventajas y desventajas.

**Ventajas:** Todos los servicios de la Udelar tendrán en una etapa temprana contacto con el SGAE lo que permitirá obtener retroalimentación de los usuarios y paulatinamente conocer las particularidades de cada uno. Esto es muy importante teniendo en cuenta que el sistema atiende bedelías de áreas tan distintas como la Facultad de Psicología, la Facultad de Derecho, la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Medicina entre otros. En poco tiempo será posible dar visibilidad a las autoridades del nuevo sistema de forma de contar con su patrocinio y apoyo. El nuevo sistema se puede ir desarrollando o ajustando a medida que se va implantando.

**Desventajas:** Es necesario que el equipo de expertos en el SGAE que trabaja con el equipo de técnicos informáticos de migración/implantación tenga una contraparte (por lo menos una) por servicio que esté involucrada en el proyecto para brindar apoyo a los usuarios de todas las bedelías y realizar las tareas de seguimiento de cada una de las etapas, de forma de que todos los servicios lleven el mismo ritmo de trabajo. Es necesario desarrollar componentes de software (Gateways) que tendrán un uso limitado en el tiempo para poder mantener la sincronización entre el sistema legado SGB y el nuevo sistema SGAE. Estos componentes serán descartados una vez que el sistema legado se apaga.

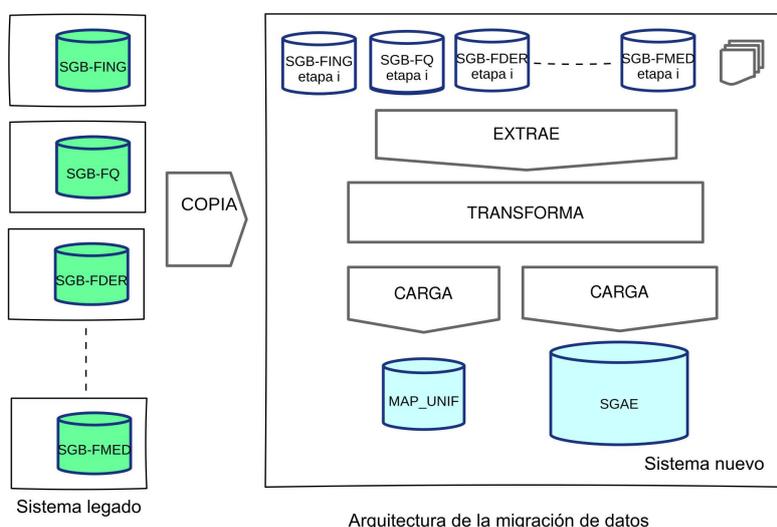
La propuesta se apoya en el diseño e implementación de distintos tipos de componentes ETL (extracción, transformación y carga por sus siglas en inglés). Se necesitan ETLs: i) para realizar la migración central de datos de cada etapa, ii) para la actualización periódica posterior a la migración (sincronización inversa), iii) para la actualización en tiempo real que dado un nuevo ingreso y/o modificación en la base del SGAE actualice de forma automática, luego de aplicar una transformación la base del SGB. Los ETLs requieren conectividad continua entre las bases del SGAE y el SGB lo que requiere cambios en la infraestructura.

## 4 Los procesos de migración

Los procesos de migración [9] de datos se elaboran previo a la salida de una etapa y son ejecutados por única vez. Estos procesos realizan extracción de datos correspondientes a las entidades de la etapa, trabajan a partir de un respaldo completo y congelado de cada una de las instancias SGB existentes (una por servicio), o sea a partir de una foto al día de la migración de todos los datos. Con los datos extraídos y posiblemente con información complementaria relevada en campañas de datos con los usuarios, se aplican transformaciones para llevar los datos al formato de la base de datos del SGAE. Al finalizar la ejecución de una migración de datos las tablas de SGAE correspondientes a la etapa quedan pobladas con la información que estaba en los SGBs a la fecha. A su vez la migración completa las tablas de mapeo existentes en un esquema auxiliar (de nombre MAP\_UNIF) que se utiliza para indicar que entidad/es SGB se corresponden con que entidad/es SGAE y se utiliza para identificar que entidades SGB ya fueron migradas. Si una entidad SGB está mapeada entonces

ya fue migrada. Este esquema auxiliar y sus tablas de mapeo también son utilizados por los procesos de sincronización.

La depuración y unificación de los datos se realiza previa, durante y posteriormente a la migración implementando en el SGAE funcionalidades específicas para que los usuarios puedan unificar sus datos luego de migrados. Las funcionalidades se centran en la unificación de unidades curriculares y estudiantes donde se requiere interacción de un usuario con conocimiento del dominio de los datos. A continuación se presenta un diagrama de la arquitectura de la migración de datos de una etapa.



**Fig. 1.** Arquitectura de la migración de datos.

## 5 Los procesos de sincronización (Gateways)

Los procesos de sincronización son parte fundamental de la metodología aplicada en la migración de datos entre el SGB y el SGAE. La necesidad de esta sincronización surge a partir de la propuesta de migración e implantación del SGAE basada en etapas incrementales en las cuales se van liberando funcionalidades para que el SGAE vaya sustituyendo paulatinamente al SGB. La idea es implementar procesos ETL (extracción, transformación y carga) que se ejecuten periódicamente, por ejemplo cada 20 minutos o una vez al día, los cuales extraigan datos de una de las bases de datos de gestión, que será el origen, SGB o SGAE, dependiendo del sentido de la sincronización y los carguen en las tablas correspondientes de la base destino. A continuación se presenta un diagrama de la sincronización de datos de una etapa.

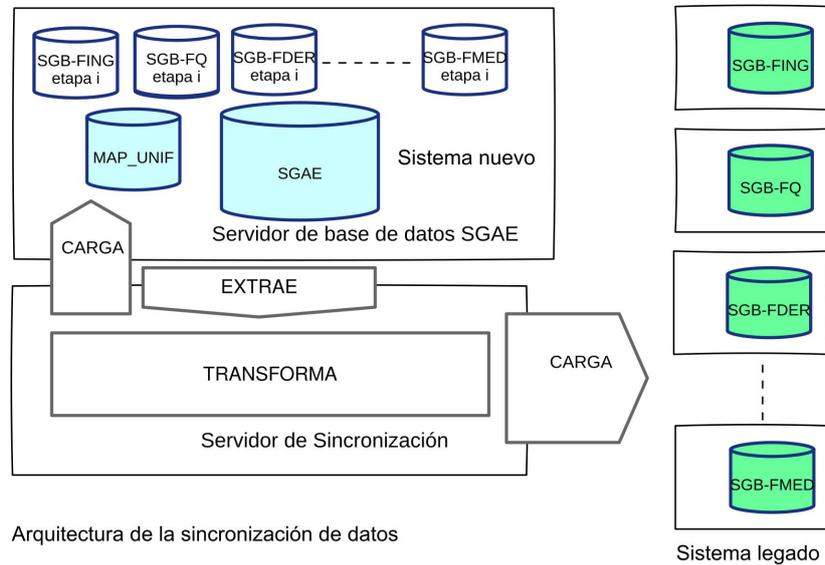


Fig. 2. Arquitectura de la sincronización de datos..

El objetivo de los ETL de sincronización es el de detectar novedades, en tablas del SGB que ya fueron migradas (de SGB a SGAE) y en tablas del SGAE correspondientes a funcionalidades para las cuales este pasó a ser el sistema titular (de SGAE a SGB), para mantener ambas bases de datos sincronizadas. Esto significa detectar: i) tuplas nuevas, ii) tuplas eliminadas y iii) tuplas modificadas [10][11].

## 6 Marco de trabajo con los usuarios

Como se mencionó anteriormente la aplicación de la Metodología Chicken Little de migración de sistemas legados de misión crítica, debe estar acompañada de un diseño de despliegue del proyecto dentro de la organización que acompañe la metodología y que permita mantener un ritmo de trabajo continuo y preserve la motivación de los usuarios y del equipo del proyecto involucrados en el cambio. En sistemas de gran porte y que abarcan toda la institución estos proyectos de cambio llevan años en completarse y por tanto el éxito del mismo está fuertemente ligado a la estrategia de gestión del mismo.

La metodología de trabajo es presentada a los usuarios de las bedelías previo a la salida con cada etapa en distintas reuniones planificadas. Las reuniones previstas son: las reuniones de campaña de datos, reuniones de validación, capacitaciones formales y reuniones de lanzamiento de las etapas.

Los usuarios desde el primer momento están al tanto sobre que funcionalidades tendrán disponibles en el SGAE luego de la puesta en producción de la etapa y que todas las bedelías de todos los servicios estarán involucradas.

El concepto fundamental es que a partir de la puesta en producción de la primera etapa del SGAE ambos sistemas SGB y SGAE se encontrarán trabajando juntos. Ambos serán los sistemas utilizados para llevar adelante la gestión estudiantil. Paulatinamente un sistema crece en funcionalidad (el SGAE) mientras otro (el SGB) se va dejando de usar hasta que llegue un punto en que se apaga.

### **6.1 Campañas de datos**

En las reuniones de campañas de datos se busca complementar la información disponible en las tablas del sistema SGB (estructura y datos) con el conocimiento que tienen de su realidad los usuarios de las bedelías. El significado que tiene para los usuarios tal o cual dato sirve para determinar si hay una necesidad específica que fue resuelta de forma artesanal en el SGB pero que podría estar dejando en evidencia un nuevo requerimiento para el SGAE [12]. Por ejemplo dos materias (asignaturas o unidades curriculares) que tienen exactamente el mismo nombre pero distinto código pueden indicar por ejemplo que es necesario que una materia tenga a lo largo del tiempo distinta forma de aprobación y el usuario para subsanar esta situación creó dos materias aunque lo que necesita es una materia con más de una forma de aprobación.

Por otro lado las reuniones de campañas de datos son útiles para relevar información cuyo registro permite el SGAE pero que hasta el momento el SGB no permitía y que por lo tanto cada bedelía llevó en algún tipo de registro independiente al SGB. Por ejemplo el SGAE introduce el concepto de carrera compartida que permite identificar aquellas carreras cuyos planes de estudio fueron elaborados por más de un servicio. En este caso en las reuniones de campañas de datos en planillas se registraba para cada carrera si era compartida o no, además de recabar la información de entre que servicios era compartida la misma. De esta manera al migrar la carrera desde el SGB al SGAE se adicionaba la información registrada en planillas resultado de las campañas de datos.

### **6.2 Instancias de validación**

Las instancias de validación tienen como objetivo: i) validar con los usuarios de las bedelías los datos migrados correspondientes a la etapa, ii) conocer los nuevos conceptos que podrán ingresar en el nuevo sistema y que no estaban disponibles en el SGB y iii) realizar una prueba exploratoria del nuevo sistema en las funcionalidades a liberar en la etapa para obtener retroalimentación del usuario final y poder aplicar mejoras antes de la puesta en producción de la etapa.

En las reuniones de validación de cada una de las etapas se repasa con los usuarios de las bedelías, que pueden ser públicos distintos en cada reunión, los principales conceptos del nuevo sistema. Estos conceptos son los siguientes: i) base de datos centralizada, ii) gestión descentralizada y iii) todos los datos disponibles en modo consulta para todos los servicios de la Udelar.

Estos conceptos son muy importantes ya que identifican claramente las diferencias con el sistema legado donde cada servicio tiene su propia base que es una instancia del sistema SGB y que debido al no estar comunicadas cada uno trabaja exclusivamente sobre sus propios datos pero no puede ver los datos de los demás servicios. Esta forma de trabajo pasó a no ser aceptable desde el momento que la Udelar ve al estudiante como único dentro de la institución y no compartimentado por servicio.

### **6.3 Capacitaciones formales**

En las capacitaciones formales que se dictan en semanas previas a la fecha de salida en producción con la etapa, se capacita en cada una de las funcionalidades que estarán disponibles en el menú del SGAE al día siguiente de la puesta en producción. Se dictan clases teóricas y prácticas donde los usuarios de las bedelías trabajan en un ambiente de capacitación que tiene además de las nuevas funcionalidades una migración preliminar de los datos. De esta forma los usuarios visualizan las nuevas funcionalidades con sus propios datos los que les permite un mejor entendimiento y les permite identificar como van a trabajar al salir en producción.

Las capacitaciones son dictadas por expertos funcionales en el SGAE que participan diariamente en la verificación y validación del mismo, elaborando los manuales de usuario y realizando sugerencias con el foco en el usuario. Estos expertos son además referentes de un conjunto de servicios y por lo tanto conocen de su oferta académica, de sus realidades y particularidades lo que facilita el dialogo y el dictado de la capacitación. En la capacitación participan usuarios de todas las bedelías de todos los servicios de la Udelar que realizan tareas de gestión en el SGB y que las realizarán en SGAE. En las capacitaciones formales también se registran en caso de que existan sugerencias de los usuarios que pueden ser en el futuro mejoras al sistema.

## **7 Metodología de Gestión del proyecto para la migración del SGB (sistema legado) al SGAE (nuevo sistema)**

A continuación se presenta cada uno de los pasos que integran la metodología de forma de llegar a la puesta en producción de una etapa estipulada en el plan del proyecto SGAE.

Los pasos que forman la metodología propuesta que se aplica en cada una de las etapas son los siguientes:

- Se realizan campañas de datos donde se analiza junto con los funcionarios de las bedelías un conjunto de datos en los distintos sistemas legados. Estas instancias tienen como objetivo mejorar la calidad de los datos, entender la semántica de los mismos y realizar relevamiento de información que no existe en el sistema legado permitiendo completar nuevos atributos que introduce el SGAE.

- Se realizan migraciones de datos que son verificadas teniendo en cuenta las reglas de negocio del nuevo sistema por un equipo de verificación.
- El equipo de implantación que son los responsables de hacer llegar el SGAE a las bedelías. (funcionales y técnicos) realizan con los funcionarios de las bedelías instancias de validación de la migración y pruebas exploratorias de las funcionalidades del SGAE a incorporar en la etapa. Se registran errores encontrados en la migración. Se registran incidentes funcionales y sugerencias de mejora de los usuarios sobre el SGAE.
- Con el resultado de la validación se trabaja para obtener una versión candidata a salir en producción, tanto del sistema como de la migración.
- Sobre la versión candidata se realiza la capacitación a los funcionarios de la bedelías por parte del equipo funcional del SGAE. La capacitación cubre a todos los funcionarios encargados de realizar las tareas relacionadas a las funcionalidades del sistema incorporadas en la etapa.
- Se realiza la puesta en producción de la etapa. Se detienen ambos sistemas (legado y nuevo), se realiza la migración de los datos, se libera una nueva versión del sistema y se activan los procesos de sincronización correspondientes a la etapa. La puesta en producción se realiza generalmente en días no hábiles y el corte de operaciones dura entre 1 a 2 días máximo.
- Se realizan visitas a cada una de las bedelías de forma de apoyar la salida y presentar los cronogramas de trabajo correspondientes a la etapa. Los cronogramas tienen como objetivo establecer las tareas de unificación de datos y de definiciones que incorpora el nuevo sistema y que debido a su complejidad no fueron relevadas previo a la migración. Es el usuario que utilizando las funcionalidades del nuevo sistema realiza las definiciones sobre los datos migrados.
- Ejecución de la etapa: durante la ejecución se atienden solicitudes a través de la mesa de ayuda centralizada de la institución y se derivan al primer nivel de atención integrado por el equipo funcional del SGAE. En el segundo nivel de atención se encuentra el equipo técnico de implantación. Se atienden solicitudes relacionadas a la etapa actual y a todas las etapas que se encuentran en producción hasta el momento. Se atienden solicitudes relativas al SGAE así como también relacionadas a la sincronización con el sistema legado. Se realizan seguimientos del cronograma, los seguimientos son presenciales o por teléfono dependiendo las necesidades de los distintos servicios.

En la figura siguiente se presenta un diagrama de los pasos más importantes de la metodología de gestión del proyecto a través de los cuales se itera etapa tras etapa.

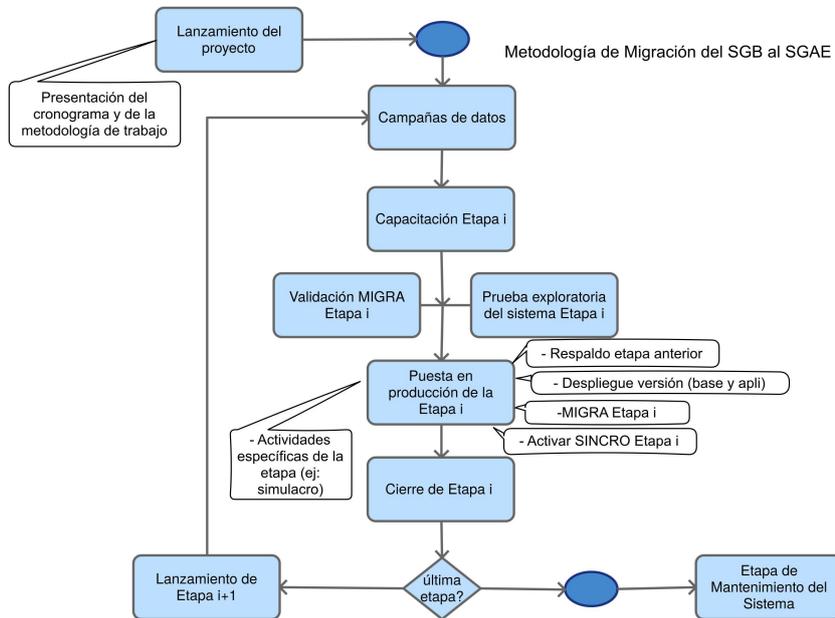


Fig. 3. Metodología de la migración de SGB a SGAE e etapas.

Previo a la salida con una etapa se realiza una reunión general de lanzamiento de la etapa donde se presenta a los usuarios y a las autoridades de los servicios que novedades trae la etapa y cuales serán los cronogramas de trabajo para la misma. Se explica que entidades serán migradas y como deberá trabajar la bedelía con ambos sistemas. Se explica además como trabajaran los procesos de sincronización, en que sentido llevarán los datos (de SGAE a SGB o a la inversa) y cada cuanto tiempo se ejecutarán los mismos.

Al finalizar una etapa se realiza una reunión general de cierre donde se presentan los resultados de la etapa, el avance de los cronogramas y las lecciones aprendidas. Si fuera necesario se determina las tareas que deben continuar en la etapa siguiente.

La metodología tiene previsto además pasos específicos para una determinada etapa como por ejemplo un simulacro de un hito importante en el trabajo diario de las bedelías. Este es el caso del ingreso de una nueva generación a la Udelar que sucede principalmente en febrero de cada año y donde la bedelía recibe en forma presencial en pocos días a un volumen importante de estudiantes para recibir documentación e inscribirlos a las distintas carreras de grado. Para simular esta instancia con el nuevo sistema se realizó un simulacro de inscripción donde las bedelías trabajaron durante 2 días en el nuevo sistema. Los principales objetivos del simulacro de inscripciones fueron: i) prepararnos para las inscripciones reales en febrero, ii) conocer el comportamiento del SGAE y de la sincronización (gateways) entre SGAE y SGB con todas las bedelías inscribiendo a la vez y iii) conocer la logística física utilizada durante las inscripciones (equipos, impresoras, etc).

El simulacro de inscripciones fue una prueba controlada del sistema ejecutada en el propio ambiente de producción que contó con la participación de todas las oficinas de bedelías de todos los servicios de la Udelar. Previamente al inicio del simulacro se respaldaron los datos del SGAE y se desactivaron los procesos de sincronización con el SGB. A continuación los usuarios de todas las bedelías simultáneamente realizaron inscripciones utilizando un juego de datos con la población de estudiantes a ingresar proporcionado por el equipo de implantación. Por su parte cada bedelía definió las inscripciones a realizar contemplando su realidad específica y las nuevas posibilidades que ofrece el SGAE. Luego de finalizado el simulacro se restauró el respaldo de datos para volver al estado previo al simulacro y se activó nuevamente la sincronización entre SGAE y SGB.

Durante el simulacro el SGAE estuvo bajo y el SGB solo se utilizó para tareas que no estuvieran relacionadas a inscripciones. Los servicios contaron con apoyo en sitio de un integrante del equipo de implantación o del equipo de verificación, quienes asesoraron y registraron cualquier comportamiento inesperado del sistema.

El simulacro fue exitoso ya que contó con la participación del 100% de los servicios, en 4 horas de simulacro se realizaron del orden de 5000 inscripciones y en un momento determinado llegaron a estar trabajando en el sistema a la vez 100 usuarios. El simulacro dejó como resultado una lista de sugerencias de mejoras planteadas por los usuarios que permitieron ajustar el sistema para las inscripciones reales de febrero del año siguiente. Los usuarios llegaron a febrero con mayor seguridad ya que conocían como trabajar en el SGAE en una situación similar.

## **8 Equipo de trabajo**

El proyecto SGAE tiene como principal objetivo implantar de forma completa en todos los servicios de la Udelar el nuevo Sistema de Gestión Administrativa de la Enseñanza y realizar el mantenimiento del mismo hasta completar la liberación en producción de todas las etapas previstas.

El equipo de implantación está formado por dos equipos: equipo funcional y ii) equipo técnico, y un coordinador del equipo de implantación con roles técnicos y funcionales.

El equipo funcional está integrado por técnicos en administración quienes participan de la verificación del sistema, para de esta manera conocer el SGAE en forma temprana. Realizan los instructivos y manuales de usuario, dictan la capacitación a los usuarios finales y son el primer nivel de atención. En el equipo funcional se encuentran los expertos en el SGAE. Cada integrante del equipo funcional es referente de un conjunto de servicios de la Udelar y conocen su realidad y particularidades.

El equipo técnico está integrado por informáticos quienes programan y ejecutan la migración de datos, programan la sincronización entre ambos sistemas y son el segundo nivel de atención. El equipo técnico conoce el modelo de datos del SGAE y del sistema legado, conocen la arquitectura de la solución y realizan el despliegue de las distintas versiones del SGAE. Es el encargado de mantener los distintos ambientes

de verificación (funcional, de performance, de migración), de pre-producción, capacitación y producción.

El coordinador del equipo de implantación es el referente de ambos equipos y por lo tanto debe conocer las funcionalidades del sistema, la arquitectura de la solución incluyendo la migración y sincronización. Es el responsable de interactuar con otros equipos del proyecto (equipo de desarrollo, equipo de verificación, equipo de soporte e infraestructura, equipo de mantenimiento del sistema legado, equipo de mesa de ayuda central). El coordinador trabaja junto con el equipo funcional en las instancias de validación y responde frente a los usuarios finales. Es referente del equipo técnico y participa del análisis y diseño de alto nivel de la solución.

En el proyecto SGAE participan además del equipo de implantación, el equipo de desarrollo del nuevo sistema, el equipo de verificación, el equipo de soporte e infraestructura, el equipo de mesa de ayuda central y el equipo de mantenimiento del sistema legado. Toda esta gente junto con los referentes de cada una de las bedelías hacen día a día el SGAE. En el siguiente diagrama se presenta la conformación del equipo del proyecto.

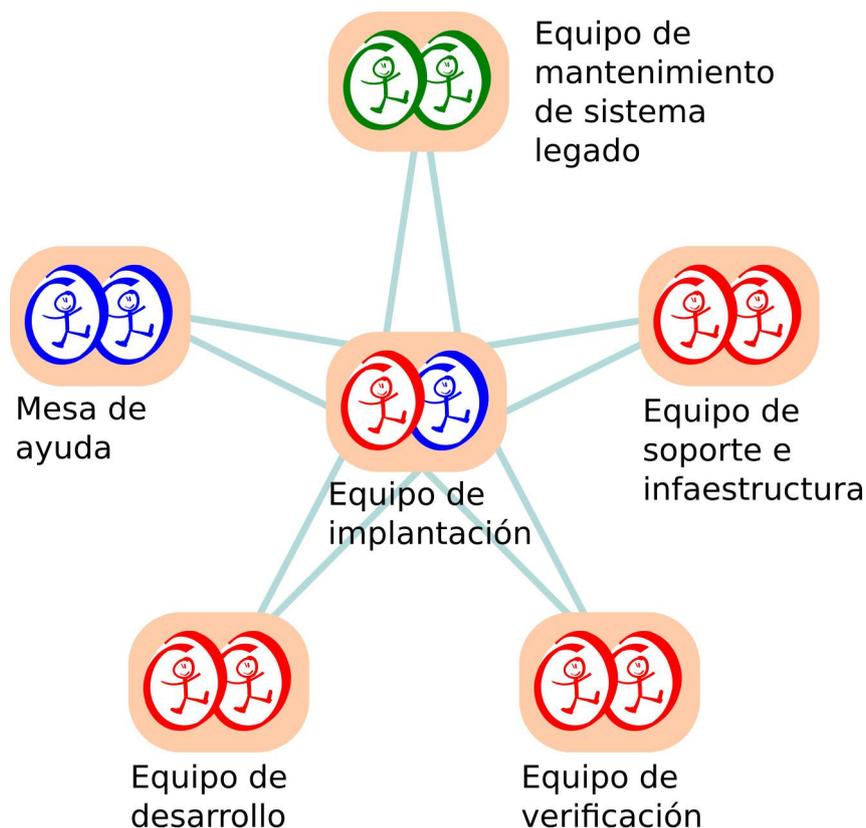


Fig. 4. Equipo de trabajo del proyecto.

La cantidad de recursos (técnicos y funcionales) con los que cuenta cada equipo es la siguiente: i) equipo de implantación: 8 técnicos y 4 funcionales, ii) equipo de desarrollo: 20 técnicos, iii) equipo de verificación: 8 técnicos, iv) equipo de soporte e infraestructura: 4 técnicos, v) mesa de ayuda: 6 funcionales (compartidos con otros proyectos ya que es la mesa de ayuda central de la institución) y vi) equipo de mantenimiento del sistema legado: 3 técnicos.

## 9 Caso de estudio en números

La metodología propuesta se comenzó a aplicar en mayo de 2015 para la puesta en producción del SGAE en todas las bedelías de la Udelar.

La UdelaR es una institución de educación pública terciaria que tiene del orden de 100.000 estudiantes activos en su oferta académica del orden de 400 carreras distribuidas en: i) carreras de grado, ii) carreras técnicas y tecnológicas, iii) títulos intermedios, iv) títulos pre-universitarios y v) carreras de posgrado (doctorados, maestrías y diplomas). Se registran en el entorno de 25.000 ingresos a carrera por año y egresan 6000 profesionales por año.[13]

La UdelaR está formada por 26 servicios, tiene del orden de 15.500 funcionarios correspondiendo el 63% a personal docente y el 37 % a funcionarios técnicos, administrativos, de servicios, pasantes y becarios.[14] De estos funcionarios 200 aproximadamente corresponden a funcionarios de las oficinas de bedelías de los distintos servicios que son usuarios finales del sistema legado y del SGAE.

A continuación se presenta el cronograma general del proyecto que actualmente se encuentra en ejecución y tiene previsto finalizar en mayo de 2018.

- Etapa 1: Lanzamiento: Mayo 2015 Duración: 5 meses
- Etapa 2: Lanzamiento: Setiembre 2015 Duración: 5 meses
- Etapa 3: Lanzamiento: Mayo 2016 Duración: 8 meses
- Etapa 4: lanzamiento: Abril 2017 Duración prevista: 5
- Etapa 5: Lanzamiento: Setiembre 2017 Duración prevista: 8 meses
- Fin del proyecto: Mayo 2018

El cronograma refleja meses de trabajo empleados en la ejecución de la etapa que inicia con el lanzamiento de la misma. No se tienen en cuenta meses donde la institución planifica licencias o momentos de trabajo donde las oficinas de bedelías tienen tareas no vinculadas directamente a la etapa en ejecución.

Debido a las características de la institución el SGAE es un sistema de gran porte formado por un conjunto de módulos que se distribuyen en una infraestructura de servidores formada por: i) servidores de base de datos, ii) servidores web, iii) servidores de aplicación, iv) servidores de balanceo de carga, v) servidores de contenido estático, vi) servidores destinados a la autenticación y autorización de los usuarios y vii) servidores destinados a la seguridad de la aplicación. La arquitectura de servidores del SGAE tiene del orden de 18 servidores, físicos y virtuales.

Los módulos del SGAE se dividen en módulos destinados a: i) los usuarios de las oficinas de bedelías de la Udelar, ii) los estudiantes de la Udelar y iii) los servicios ofrecidos a otros sistemas de la Udelar mediante web services.

A su vez el SGAE consume servicios ofrecidos por otros sistemas de la Udelar como el Sistema Integrado de Administración de Personal y el Servicio de Autenticación Centralizado y Gestión de Identidades.[15]

La base de datos del SGAE tiene del orden de 400 tablas destinadas a los datos del sistema junto con un volumen similar de tablas de auditoría donde se registran cada uno de los movimientos (altas, bajas y modificaciones) que se realizan sobre los datos. Además los gateways (procesos de sincronización) utilizan del orden de 100 tablas para mantener el mapeo (correspondencia) con el sistema legado.

El SGAE registra datos del orden de: i) 300.000 estudiantes (de los cuales 100.000 se consideran activos por tener por lo menos una actividad en los últimos 2 años), ii) 1000 carreras y planes, iii) 600.000 inscripciones a carreras, iv) 130.000 egresos, v) 35.000 unidades curriculares y vi) 10.000.000 actividades y resultados de los estudiantes.

En resumen, la información que almacena y gestiona el SGAE es de gran volumen e importancia para la Udelar lo que se traduce en un gran desafío para el sistema que la administra y gestiona.

## 10 Conclusiones y trabajos futuros

La combinación de la metodología de migración de sistema legado de gran porte (Chicken Little) con la metodología diseñada para la gestión del proyecto de implantación del nuevo sistema resultó de aplicación exitosa en la Udelar.

El avance del proyecto según lo planificado así como las encuestas que se realizan al cierre de cada Etapa a los usuarios del sistema que dan cuenta de un 98% de aceptación y conformidad con la misma confirman esta conclusión.

Creemos que el grado de aceptación de esta combinación se debe a varios factores entre los que encontramos i) la metodología Chicken Little a través de sus gateways permite reducir el trabajo de doble ingreso de datos en los dos sistemas (trabajo de paralelo) por parte de los usuarios ii) Chicken Little permite realizar en cada etapa ajustes de desarrollo, performance, seguridad, locales e incrementales por etapa lo que permitirá al final obtener un producto más ajustado a la problemática de la Udelar iii) la metodología seleccionada para la gestión del proyecto en etapas graduales permite un acercamiento y aceptación gradual de una herramienta de gestión compleja por parte del usuario iv) el desarrollo de las etapas se pueden ir ajustando en la medida que se utilizan las funcionalidades, esto brinda flexibilidad a la hora de realizar modificaciones haciendo que el usuario se sienta parte del diseño de la herramienta v) objetivos claros y alcanzables en cada etapa mantienen el enfoque y la motivación alta dentro del proyecto. vi) equipo del proyecto con técnicos funcionales especializados y altamente comprometidos en relación permanente con los usuarios de las oficinas de bedelías permite un mejor seguimiento y comprensión de la problemática a resolver.

La Metodología Chicken Little aplicada a un sistema de gran porte y de misión crítica de una organización debe ser acompañada con una estricta gestión del proyecto de implantación del sistema [16]. La misma requiere grandes esfuerzos de gestión y seguimiento diario del mismo y de un equipo altamente comprometido. Requiere compromiso de los funcionarios de las oficinas de Bedelía de cada servicio Universitario así como el apoyo institucional del proyecto.

Deben realizarse grandes esfuerzos de coordinación y comunicación de las tareas y resultados dentro del proyecto. Grandes esfuerzos de monitoreo técnico y ajustes del funcionamiento de los gateways involucrados en la estrategia.

Resta completar las etapas definidas utilizando la combinación de metodologías, continuar manteniendo el funcionamiento de los gateways junto con los dos sistemas (nuevo y legado) así como mantener la motivación de los usuarios y equipo del proyecto por un año más es un desafío importante para este proyecto dentro de la Udelar.

La utilización de estas metodologías de nueva aplicación dentro de la Udelar, podrían ser tomadas como caso exitoso para ser aplicadas en otros proyectos de migración de sistemas legados de gran porte.

Al momento de la presentación de este trabajo la Udelar se encuentra a unos días de salir a producción con la Etapa 4 del sistema que implica un cambio importante en el Módulo Web de Autogestión Estudiantil, módulo este que gestiona toda las inscripciones a cursos y exámenes del estudiante a través de la web. Este es el primer módulo que afecta masivamente al estudiante universitario. Se han realizado grandes esfuerzos para atender a estos 100.000 estudiantes con un tiempo de respuesta aceptable, se espera diseñar herramientas que nos permitan tomar medidas del grado de aceptación del sistema para poder continuar incorporando nuevas funcionalidades al mismo.

## Referencias

1. Ministerio de Educación y Cultura, <http://educacion.mec.gub.uy/mecweb/container.jsp?contentid=927&site=5&chanel=mecweb&3colid=927>
2. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, Jane Grimson, Vincent Wade, Donie O'Sullivan, Ray Richardson "Legacy System Migration : A Legacy Data Migration Engine", Computer Science Department, Trinity College, Dublin, Ireland,(1997).
3. Priyadarshi Tripathy, Kshirasagar Naik, Software Evolution and Maintenance, ISBN 0470603410, 9780470603413
4. Bateman A. and Murphy J. "Migration of legacy systems", School of Computer Applications, Dublin City University, working paper CA - 2894.
5. Brodie M. and Stonebraker M., "DARWIN: On the Incremental Migration of Legacy Information Systems", Distributed Object Computing Group, Technical Report TR-0222-10-92-165, GTE Labs Inc., (1993), <http://info.gte.com/ftp/doc/tech-reports/tech-reports.html>
6. Brodie M. and Stonebraker M., "Migrating Legacy Systems Gateways, Interfaces and the Incremental Approach", Morgan Kaufmann, (1995).

7. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, The Butterfly Methodology : A Gateway-free Approach for Migrating Legacy Information Systems, (1997)
8. Bing Wu, Deirdre Lawless, Jesus Bisbal, Legacy Systems Migration - A Method and its Tool-kit Framework, (1997).
9. Francisca O. Oladipo, Jude O. Raiyetumbi, Re-Engineering Legacy Data Migration Methodologies in critical sensitive systems, ISSN-2229-371X, (2015).
10. Monitoring changes to table data,  
<http://hoopercharles.wordpress.com/2012/03/22/monitoring-changes-to-table-data/>
11. CDC - Change Data Capture,  
[http://docs.oracle.com/cd/B13789\\_01/server.101/b10736/cdc.htm](http://docs.oracle.com/cd/B13789_01/server.101/b10736/cdc.htm)
12. M. Angélica Caro Gutiérrez, Jorge Bocca, Daniel Campos, Migración de sistemas heredados: una metodología de apoyo basada en el uso de herramientas de KDD (Knowledge Discovery in Databases), (2002)
13. Dirección General de Planeamiento Udelar, Estadísticas básicas,  
<http://planeamiento.udelar.edu.uy/publicaciones/estadisticas-basicas>
14. Dirección General de Planeamiento Udelar, Censos de funcionarios y estudiantes,  
<http://planeamiento.udelar.edu.uy/publicaciones/censos>
15. Emilio Penna, Mariela De León, Implementación de un servicio de autenticación centralizado y gestión de identidades en la Universidad de la República, (2016),  
<http://documentos.redclara.net/handle/10786/1077>
16. Manoel Heleno Ramos de Mendonça, Metodologia de Migração de Dados em um contexto de Migração de Sistemas Legados,(2009),  
[http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/1934/arquivo1908\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/1934/arquivo1908_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## **Despliegue de un Sistema de Almacenamiento Distribuido (Ceph) en el Centro de Datos Universitario. El caso de la Universidad Nacional de Cuyo.**

Guillermo Calleja<sup>1</sup>, Roberto Cutuli<sup>2</sup>

Coordinación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,  
1 Departamento de Sistemas de Información, 2 Departamento de Redes y Telecomunicaciones,  
Rectorado  
Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, 5500 Mendoza, Argentina  
{gcalleja, rcutuli@uncu.edu.ar}

**Resumen.** Los desarrollos relacionados con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, han dado lugar a una paulatina convergencia de redes de infraestructura y servicios de valor agregado. Esto plantea crecientes demandas a los administradores de las redes y los sistemas en general y por supuesto a los responsables de las áreas de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones universitarias. Sin embargo, los recursos muchas veces son escasos en términos económicos, de infraestructura, de recursos humanos para su despliegue, operación y administración. Por otro lado resulta necesario implementar de manera adecuada servicios y equipos para Educación a distancia; Repositorios Digitales o e-ciencia en general. En este contexto la infraestructura de almacenamiento de los Centros de Datos junto con las redes de comunicaciones constituyen un elemento central para la interacción de una universidad con otros centros de I+D, la sociedad y los integrantes de la comunidad. En particular, la infraestructura, los protocolos de red y los sistemas de almacenamiento de datos sobre la cual se basa todo el sistema de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones juegan un rol central en las organizaciones del siglo XXI y ha sido objeto de atención durante las ediciones anteriores de TICAL. El trabajo presenta los antecedentes del Centro de Datos de la Universidad Nacional de Cuyo, describe la infraestructura actual y plantea el despliegue de sistemas de almacenamiento sobre un sistema distribuido libre conviviendo con otras tecnologías de sistemas de almacenamiento en producción. Se enfatiza la necesidad de contar con recursos dentro y fuera de la Universidad que en muchos de los casos no dependen directamente de los administradores de sistemas de tecnologías de la información y las comunicaciones universitarios.

**Palabras Clave:** Sistemas de archivos distribuidos; Sistemas de almacenamiento, Infraestructura de centros de datos; Redes de transmisión de datos; Despliegue de nuevas infraestructuras de código abierto; Seguridad y resguardo de la información. Nube. Cloud computing; Big data.

**Eje temático:** Infraestructura y Desarrollo de Software.

## 1 Introducción

La Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) [1] es la más grande del centro oeste de Argentina con más de 5000 puestos de trabajos y múltiples enlaces hacia otras redes institucionales y la propia Internet.

En un trabajo anterior presentado en TICAL 2011 [2] los autores describieron las características de la red de la Universidad, se hizo énfasis en la seguridad de la misma y se analizaron las diferentes herramientas de seguridad implementadas.

Además del tráfico de datos, típico de una red universitaria existen diferentes demandas como telefonía o almacenamiento de contenidos para servicios de valor agregado como Sistemas de Información de Gestión Universitaria, Repositorios Digitales: Biblioteca Digital, Centro de Documentación Histórica, producción de contenidos audiovisuales, Educación a Distancia; Sistemas de Videoconferencia, IPTV y también servicios relacionados con la e-ciencia que plantean nuevas necesidades y requisitos a los administradores de la infraestructura y servicios.

En este trabajo se presenta la infraestructura actual de Almacenamiento del Centro de Datos, sus elementos y el plan de despliegue de un sistema de almacenamiento distribuido.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta una síntesis de la Infraestructura del Centro de Datos de la Universidad y la demanda de almacenamiento de datos en la Universidad. En la sección 3 se presentan algunos antecedentes sobre los sistemas de almacenamiento en la UNCuyo, en la sección 4 se muestran algunas experiencias similares, en la sección 5 se discute el proyecto para la implementación del sistema de almacenamiento Ceph. En la sección 6 muestra el despliegue en curso. Finalmente, en la sección 7 se presentan las conclusiones de este trabajo.

## 2 Infraestructura del Centro de datos, consideraciones de procesamiento y almacenamiento de datos. La demanda de almacenamiento de datos.

La red de la Universidad Nacional de Cuyo posee más de 5000 puestos de trabajo conectados con sus usuarios en línea. Estos recursos están distribuidos a lo largo de la red que interconecta a las facultades e institutos dentro o fuera del campus Universitario. Estos puestos de trabajo generan y demandan información que es procesada y almacenada en el centro de datos universitario, el cual cuenta con más del 50% de los servidores que funcionan dentro de toda la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo).

Actualmente en este centro de datos existen al menos 32 servidores físicos de distintas características, i.e. servidores independientes con hardware de última generación, otros con arquitectura del tipo BLADE[3], y también, se cuenta con un pequeño porcentaje de servidores autónomos con una antigüedad promedio de 10 años sobre los cuales corren sistemas de baja criticidad.

Sobre el 60% de esta infraestructura de servidores físicos están montados los motores de virtualización (Hypervisor), sobre los cuales actualmente están corriendo alrededor de 155 servidores virtuales, el resto de los servidores físicos corren sistemas operativos independientes, por fuera de algún ambiente de virtualización.

Todos estos servidores están almacenados, o guardan sus datos, en infraestructuras de almacenamiento de datos, preparados para tal fin del tipo SAN -Arreglo de discos interconectados con una red de Fibra Óptica- FIBRE CHANNEL STORAGE AREA NETWORK[4]. También son utilizados los sistemas de almacenamiento locales propios de los servidores, los que ofrecen una capacidad total de unos 40TeraBytes.

El Centro de Datos de la Universidad, se muestra un esquema en la Figura 1, depende del área de Redes y Servidores, y ésta, de la Coordinación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Nacional de Cuyo. Aunque no cuenta con un presupuesto fijo anual para invertir en infraestructura de servidores o redes, normalmente las inversiones que se efectúan para el área se realizan cada un cierto tiempo, lo cual ronda en promedio en unos 5 años. Se planifica la compra de la infraestructura contemplando las necesidades actuales y proyectando un crecimiento de unos 5 años hacia adelante. La última compra planificada de un sistema de almacenamiento fue en el año 2010, esa infraestructura se puso en producción durante el 2011, y tuvo en cuenta una capacidad de crecimiento hasta el año 2015. Pensando en una nueva compra ese año, para ponerla en producción en el 2016 y con una previsión hasta el 2020.

Por distintos factores como la situación económica de la Argentina, lo cual conllevó a restricciones en la importación de hardware de determinadas características, y la falta de presupuesto para los organismos del sector público, entre estos las Universidades Nacionales, se llegó al 2016, sin la posibilidad de poder efectuar una nueva compra de hardware destinada al almacenamiento de información.

También durante esos 5 años hubo un crecimiento exponencial en la demanda de espacio de almacenamiento, provocado por el enorme crecimiento que tuvo la producción de contenidos multimedia, como así también la digitalización de la mayoría de los procesos administrativos dentro del ámbito Universitario de Argentina.

Ya en el 2016, existe una gran demanda de espacio de almacenamiento. La primera proyección que se efectúa es: contar con un espacio de al menos 100TeraBytes, para ser utilizados a partir de 2017, con la posibilidad de tener un crecimiento, sobre el mismo equipamiento a instalar, de hasta los 200TeraBytes en total. Esto para cubrir las demandas futuras hasta el 2020 inclusive.

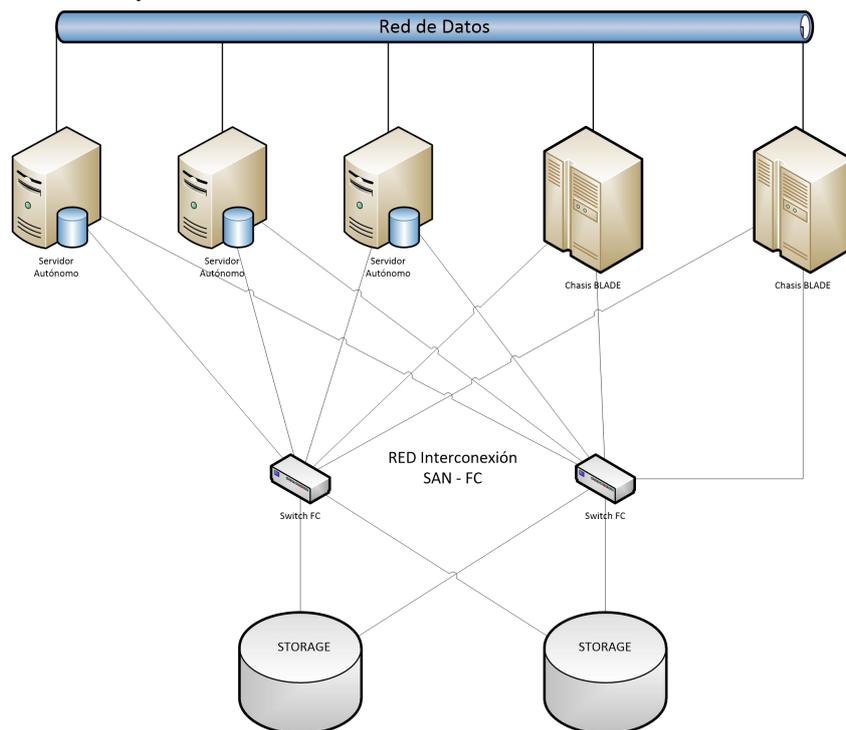
Uno de los mayores inconvenientes era el presupuestario, ya que necesitaba de una inversión inicial que estaba muy por encima del presupuesto disponible para el área. También, el sector de infraestructura de redes y centro de datos, tiene una gran demanda presupuestaria, aún no satisfecha a la fecha.

El gran problema que se suscita, es que la necesidad de espacio de almacenamiento es algo que no puede ser ignorado. Más aun habiendo tenido algunos incidentes en áreas tales como el de producción de contenido multimedia, los cuales llevaron a la pérdida total de una cantidad enorme de material en crudo y producciones terminadas, a causa de una política de operación inadecuada, además de no haber contado con un sistema de respaldo adaptado a las necesidades de cada sector. La mayor parte de esos contenidos, era guardado sobre sistemas de almacenamiento compartido entre muchos usuarios, los que no contaban con una política de acceso a la información y resguardo

de la misma, como así también de copias de seguridad que sirvieran en el caso de producirse la pérdida de la información almacenada en los sistemas que se utilizan a diario.

La imposibilidad de contar con presupuesto, y la demanda inmediata por almacenamiento, llevó a efectuar un análisis detallado de: ¿cuál era la demanda específica, por sector y por tipo de almacenamiento, requerido por las distintas áreas? Existían problemas como: restricción presupuestaria, demasiada demora para efectuar una compra por medio de una licitación: i.e., los tiempos administrativos internos son muy grandes, como así también los tiempos para la provisión y puesta en funcionamiento del nuevo equipamiento, etc.

De este análisis de las necesidades técnicas, posibilidades presupuestarias y otras restricciones con las que se contaba, estudiando distintas implementaciones y casos reales, se pone foco en una solución que puede servir a las necesidades y demandas de almacenamiento actuales y futuras de la Universidad. Se decide generar un ambiente de prueba, para luego desarrollar e implementar un ambiente de producción con el Sistema de Almacenamiento Escalable y Distribuido con licencia en Software Libre – CEPH FILE SYSTEM [5]. Este almacenamiento definido por software aporta virtualización al almacenamiento de datos de la organización. Se discute en la sección 5. En la figura 1 puede verse un esquema general del centro de datos de la universidad Nacional de Cuyo.



**Fig. 1.** Esquema general del centro de datos de la Universidad Nacional de Cuyo.

## 3 Sistemas de Almacenamiento de datos en la UNCuyo

### 3.1 Antecedentes

Hasta el año 2003 la Universidad Nacional de Cuyo contaba con servidores del tipo DeskTop o Tower con discos interface IDE[6], en los cuales estaban implementados en su mayoría los servidores de red que servían la conectividad, internet y los servicios tales como correo electrónico, proxy y web server. En aquel entonces había algunos servicios de red que se ofrecían solamente por la red local o intranet de la Universidad, como sistema de liquidación de sueldos, sistema de digesto administrativo entre los más importantes. La capacidad de almacenamiento total era de aproximadamente 500GigaBytes.

A partir de 2004 se comenzó a tomar conciencia sobre la importancia de contar con un Centro de Datos y servidores dedicados para tal fin, en ese entonces se efectúa la compra de aproximadamente 10 servidores dedicados a tal fin con las características de ser apropiados para el montaje en rack (RackMount). Estos servidores contaban con sus propios sistemas de almacenamiento local, los que en su mayoría estaban compuestos por 2 discos SCSI[7] de 146GBytes y para los sistemas más críticos, se utilizaron los mismos servidores que contaban con tarjeta controladora RAID[8] en Hardware y 5 o 6 discos de 146GBytes. Entre 2005 y 2009, se incorporaron algunos servidores más al Centro de Datos, los cuales ya en su mayoría contaban con tarjetas controladoras de discos RAID y conjuntos de hasta 6 discos SCSI[7]. La capacidad de almacenamiento total era de aproximadamente 5TeraBytes.

Ya en 2010, se efectúa la nueva planificación de servidores para los próximos 5 años y con ella confecciona y se adquiere la nueva infraestructura de servidores para el centro de datos, la cual contaba con servidores de arquitectura blade: IBM BLADE CENTER y sistemas de almacenamiento interconectados con una red de Fibra óptica (SAN), como se muestra en la figura 1. La capacidad de almacenamiento total era de aproximadamente 30TeraBytes.

Entre 2013 y 2016 se comienza a implementar una solución de almacenamiento con GlusterFS[9], la cual fue utilizada solamente para guardar información de respaldos. La capacidad de almacenamiento total estaba en aproximadamente 40TeraBytes.

En la segunda mitad de 2016, dada la creciente demanda de almacenamiento para objetos multimedia, y dado que la experiencia con GlusterFS no había sido del todo satisfactoria, por los problemas que se tuvieron respecto del hardware sobre el cual se implementó, se comienza a analizar una solución alternativa por intermedio del sistema de archivos distribuido Ceph, el cual reduce el costo de almacenar datos de la organización, aumenta su capacidad para gestionar el crecimiento exponencial de datos de manera eficiente, flexible y automática, y no posee puntos débiles.

### 3.2 Implementación inicial.

En base a las necesidades cada día mayor de las distintas áreas, por espacio de almacenamiento, luego de analizar los recursos de hardware disponibles en la organización, y pensando en la que la posibilidad de facilitar la provisión futura de hardware en el contexto en la cual nos encontrábamos, se utilizó equipamiento de PC de escritorio que estaba en desuso para las necesidades actuales según los requerimientos de un equipo de escritorio para un usuario final. Se contaban con PC de escritorio con procesador de 32 bits, 1 GigaByte de memoria RAM, un disco duro de 160GigaBytes, tarjeta de red de 1GigaBit/seg.

Las áreas que demandan urgente un sistema de almacenamiento son: Biblioteca Digital – Centro de Documentación Audiovisual – SID UNCuyo[10] (Repositorio de Archivos de Video Históricos), Televisión Digital Abierta (TDA): SeñalU[11] – Canal Televisión Digital de la Universidad Nacional de Cuyo (Archivos de video en crudo y Producciones finales), Dirección de Sistemas de Información y Dirección de Redes y Servidores (Respaldo de Información).

El esquema inicial del Sistema de Archivos distribuido Ceph, estaba formado por un sistema que mantiene el mapa del estado del almacenamiento y el software de Metadatos (Metadata Software), llamado MONITOR-MDS[5], con las características del equipo PC descritas en el inicio de la sección 3.2. 6(seis) PC: Dispositivos de Almacenamiento de Objetos (Object Storage Device): OSD[5], de las mismas características del PC MONITOR, con el agregado de un Disco Duro de 2 TeraBytes de capacidad. Con esta configuración se logró obtener 9 TerBytes de Capacidad.

### 3.3 Implementación Actual.

Inicialmente se utilizó una configuración básica. Analizando el funcionamiento del sistema, se adoptaron algunas recomendaciones de infraestructura, indicadas en la documentación. Por ejemplo: para lograr la eliminación de puntos débiles, la recomendación es contar con al menos tres equipos con la función de MONITOR, dado que si existe solo uno y falla, el sistema queda fuera de servicio. Entonces, para mejorar el rendimiento del sistema, balanceando las cargas de procesamiento, darle mayor confiabilidad, redundancia y alta disponibilidad, se agregaron 3(tres) MONITORES –MDS, uno en un servidor físico y los otros dos en servidores virtualizados, con diferentes motores de virtualización (Hypervisor) y en distintas infraestructuras. Además, para aumentar la capacidad de almacenamiento se agregaron 2 nodos OSD, a los 6 ya existentes, logrando así una capacidad de almacenamiento de alrededor de 14TeraBytes. Estas funcionalidades agregadas, contribuyen al crecimiento exponencial de la capacidad de almacenamiento de datos de manera eficiente, flexible y automática. La configuración se muestra en la figura 3.

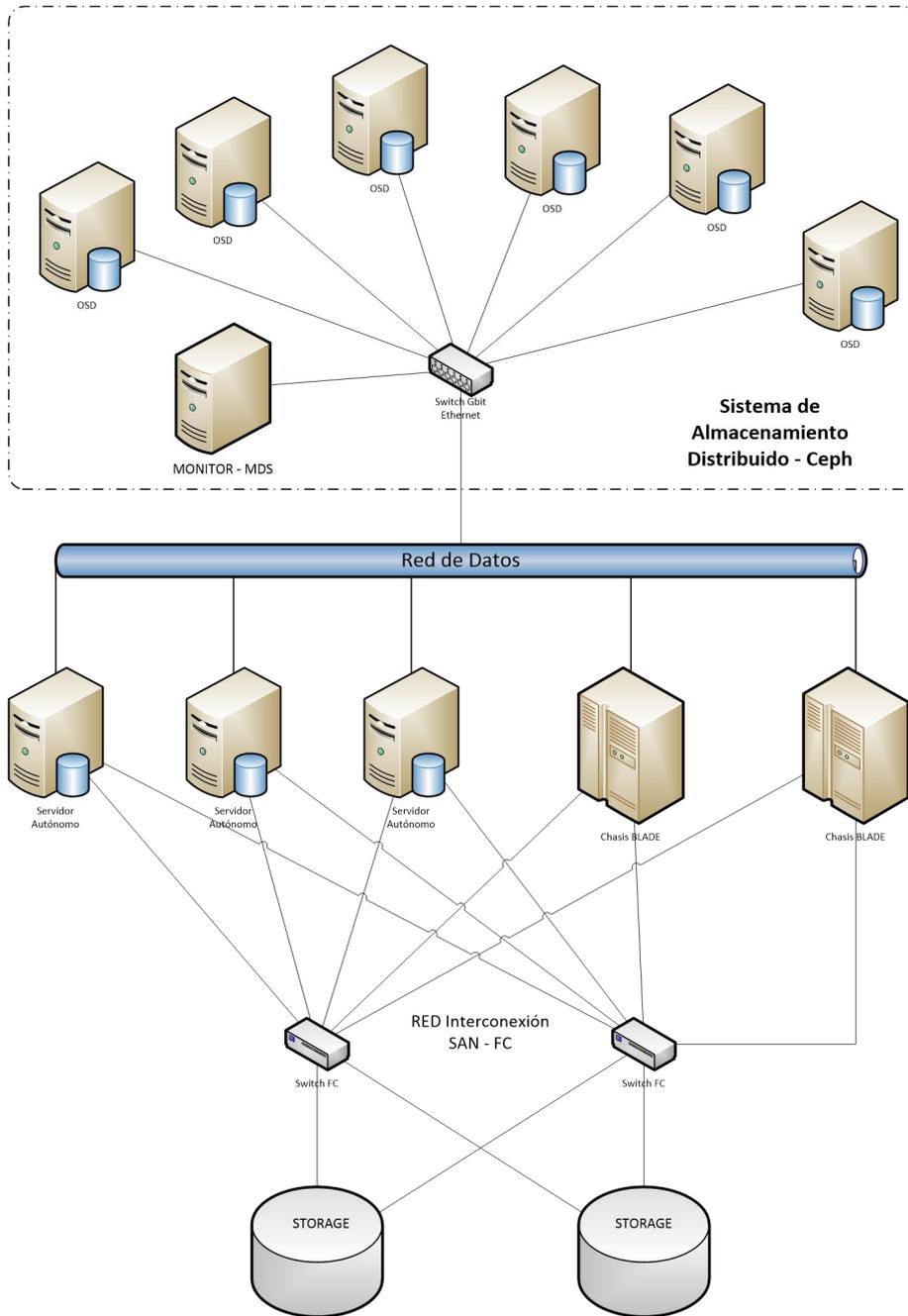


Fig. 2. Esquema Inicial de (Ceph File System) – 1Monitor-MDS+6OSD.

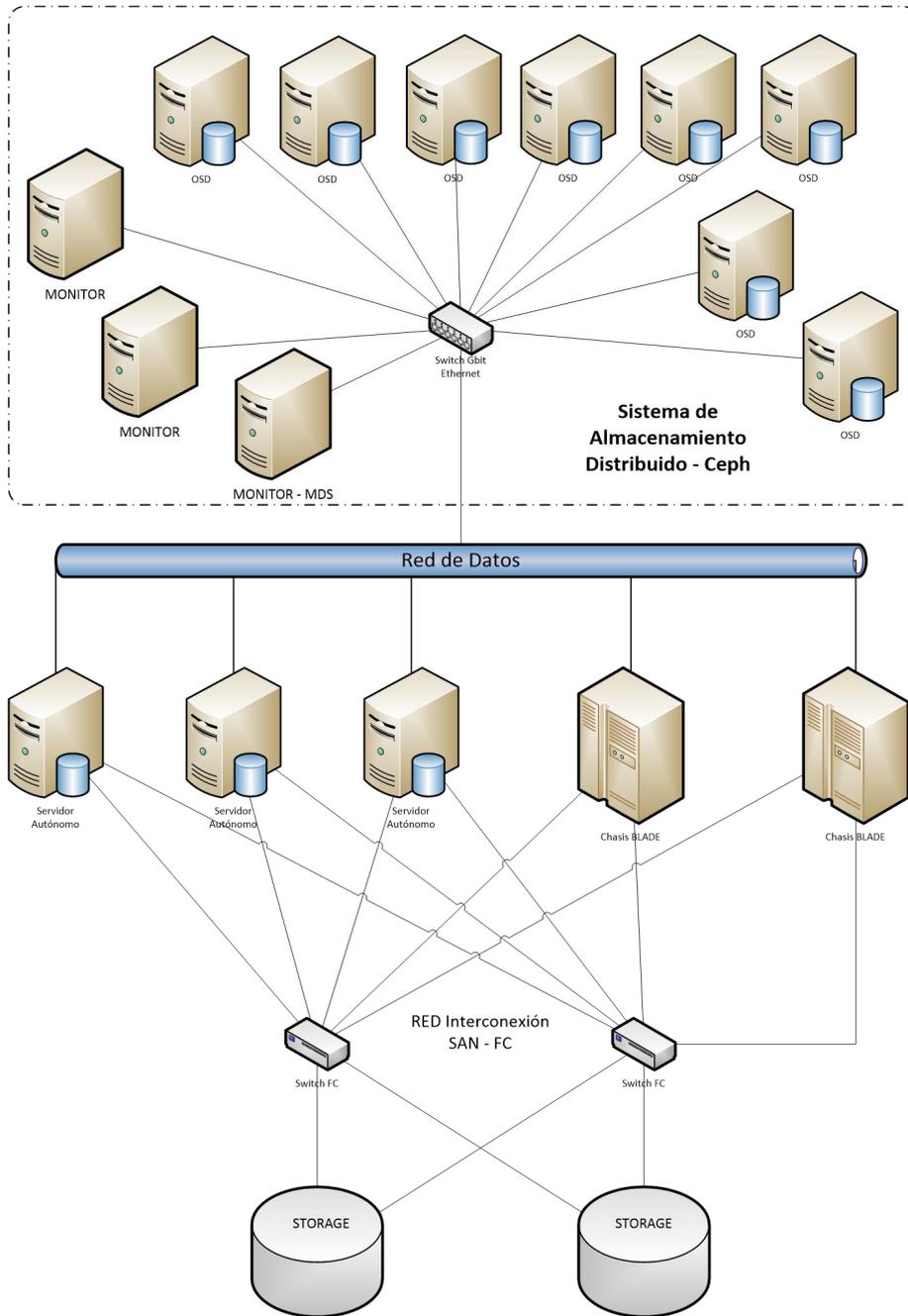


Fig. 3. Esquema Actual de (Ceph File System) – 3 Monitor-(1)MDS+8 OSD.

## 4 Experiencias Similares

Se han relevado, en ámbitos universitarios y también en empresariales, algunos proyectos e implementaciones de Sistemas de Archivos Distribuidos con licencia de Software libre. Uno de ellos es el propuesto en la Universidad Politécnica de Madrid [12], basada en OpenStack[13] para entornos de Big Data[14], en donde en el escenario presentado, constituye un despliegue inicial a modo de maqueta. Sin embargo, para escenarios de producción de grandes centros de datos, recomiendan una solución basada en la redundancia de recursos y la alta disponibilidad.

Otra Implementación de Ceph, es en la Universidad de Illinois[15]. La aplicación en esta organización, está orientada a entornos de Cloud Computing[16] y Big Data.

Por último, en el ámbito Universitario, la Monash University[17], implementó Ceph en 2012. Esta es una de las Universidades del hemisferio sur que tiene implementado el mayor almacenamiento sobre esta tecnología.

Además se pueden encontrar muchas otras implementaciones empresariales[18], del sistema de Archivos Ceph, entre las que se listan las siguientes:

CERN, CISCO, WESTERN DIGITAL, ZTE, CATALYST, RACKSPACE, CLOUDIN, PROXMOX, TERADATA, SWITCH, DEUTSCHE TELEKOM, BLOOMBERG, UKFAST, DESPEGAR.COM, etc.

Finalmente es de destacar que existen similitudes en los objetivos del despliegue de esta tecnología, más allá de la finalidad de las organizaciones donde se implementa. Estas son: Cloud Computing y Big Data. Es importante tener en cuenta las experiencias anteriores, ya que existen aspectos similares en las organizaciones donde se va a desplegar la tecnología, para lo que podrían tomarse como referencia los trabajos desarrollados en organizaciones semejantes.

## 5 Proyecto de despliegue del Sistema de Almacenamiento Distribuido en la UNCuyo

### 5.1 Objetivos del despliegue de Ceph.

- Adecuar el centro de datos y el sistema de red, para poner en producción, en donde sea adecuado y en forma masiva, el Sistema de Almacenamiento Distribuido Ceph.
- Hacer convivir el sistema con otros tipos de almacenamiento según las características y usos de cada uno de ellos.
- Desplegar el sistema, en donde sea posible efectuar la implementación, en todos los sitios fuera del centro de datos principal, de acuerdo a las necesidades, y según los requerimientos, la infraestructura instalada, y los recursos humanos disponibles, y su capacitación.
- En todo lugar dentro de la UNCuyo, donde se requiera y adapte, hacer masiva la utilización de este tipo de almacenamiento.

- A mediano plazo, participar en el desarrollo de proyectos de Almacenamiento Distribuido nacionales e internacionales.
- Fortalecer y difundir los sistemas de Almacenamiento Distribuido de Software Libre y sus aplicaciones.
- Proveer y/o capacitar sobre los servicios de Almacenamiento Distribuido, en la región donde se encuentra la UNCuyo.

## **5.2 Etapas, alcances y condiciones de la Implementación**

- 1ra etapa: Desarrollar una maqueta del sistema de almacenamiento distribuido. Esto es necesario para analizar las necesidades del hardware requerido, las configuraciones utilizadas, el rendimiento según los recursos utilizados, y la demanda efectuada del sistema.
- 2da etapa: De acuerdo a análisis de los datos recabados en la 1er etapa, optimizar la implementación y aplicarla a las demandas existentes que se adapten a este tipo de almacenamiento, por ejemplo: configurar uno o varios sistemas para que comiencen a utilizar esta implementación y observar su comportamiento.
- 3ra etapa: De acuerdo a lo efectuado en las etapas anteriores y al análisis de los resultados obtenidos, optimizar la configuración y el hardware necesario, para que el sistema de almacenamiento distribuido esté montado sobre una infraestructura de servidores adecuada a tal fin. Para esto habrá que adaptar o actualizar los servidores y los sistemas operativos, configurar los servicios, ponerlos en funcionamiento, finalmente, monitorearlos y controlarlos.
- 4ta etapa: Una vez que el sistema está implementado en el centro de datos principal, y que los servidores y sistemas de respaldo de información lo tengan incorporado, desplegar el servicio, para que los usuarios que están por fuera del esquema de servidores y que demanden su utilización, tengan acceso al mismo.
- 5ta etapa: Efectuar el despliegue a nivel de Facultades e Institutos que demanden de este tipo de almacenamiento. Esta se llevará a cabo luego de verificarse la demanda de cada uno de ellos, confirmarse la disponibilidad de hardware en los respectivos centros de datos, y cumplirse la capacitación de los encargados de los servidores y las redes de las Unidades Académicas, Facultades o Institutos.
- 6ta etapa: Por último, ofrecer el servicio a los sectores que lo demanden y no hayan sido alcanzados en las etapas anteriores.

### **5.3 Consideraciones adicionales:**

El Sistema Ceph, de Almacenamiento Distribuido y bajo licencia GPL implementado en la UNCuyo, es un sistema que escala sin límites en recursos físicos y sin puntos de fallo. Está diseñado para utilizarse con gran cantidad de datos, y enfocado en el uso de Big Data y Cloud Computing. Si hacemos foco en el rendimiento del sistema, tendremos que implementarlo sobre hardware de alto desempeño y de gran capacidad, por lo que si efectuamos una comparación de costos, con los sistemas de almacenamiento propietarios, veremos que Ceph, no resulta más económico que una solución propietaria.

Si partimos de la base en la cual disponemos del hardware y queremos reutilizarlo, e ir agrandando nuestra infraestructura de almacenamiento según lo vayamos demandando, Ceph es una muy buena opción, ya que podemos ir adaptando nuestra infraestructura y haciéndola crecer, de acuerdo al uso intensivo que hagamos de este tipo de almacenamiento.

Finalmente, la ventaja que tenemos con Ceph respecto de los sistemas de almacenamiento propietario, es que posee una gran flexibilidad para crecer y redimensionarse sin depender de hardware homogéneo ni propietario, liberándonos así de la dependencia de un único fabricante.

## **6 El despliegue de Ceph: en curso**

### **6.1 Implementación para el Centro de Documentación Audiovisual - CDA**

La implementación de Ceph, en la Universidad se vio impulsada a partir de necesidades específicas, y el planteo de tres puntos fundamentales, que se describen a continuación:

- i) El CDA, dispone de videos históricos institucionales, los que en su gran mayoría están almacenados en cintas VHS[19], y tienen gran probabilidad de sufrir pérdida de información y/o daño físico. Estos videos contienen documentales, programas de televisión, y otros videos institucionales de la vida universitaria. Una buena parte de esta información, estaba almacenada en discos duros (HDD[20]) externos, en formato de archivos multimedia.
- ii) Como se mencionó anteriormente, la implementación de un sistema de almacenamiento de mayor capacidad, se ve dificultado por los altos costos en el equipamiento (el hardware), y la capacitación de las personas a cargo del mismo (el recurso humano). A partir de un análisis detallado de las necesidades actuales de almacenamiento de datos, resulta que no es primordial contar con altas velocidades de transferencia de archivos para ese sistema, sino que prima contar con grandes capacidades de almacenamiento.
- iii) Hay disponibilidad de una buena cantidad de Hardware que actualmente no puede ser destinado a estaciones de trabajo de un usuario corriente, i.e. PC

obsoletas o en estado de obsolescencia para ciertos usos, las que debido a sus características tales como: capacidad de memoria RAM, de almacenamiento en disco HDD, de velocidad de procesamiento y arquitectura de la CPU, no pueden ser destinadas para el uso habitual de una estación de trabajo. Tampoco este equipamiento se puede actualizar, debido a que la mayor parte del hardware que las compone, está discontinuado, y no pueden ponerse al día con la constante demanda respecto de la actualización tecnológica.

Por lo que, ante la necesidad planteada, y el análisis resultante, se procede a desplegar una solución de acuerdo a los elementos tecnológicos disponibles y realizando una mínima inversión.

Se comienza con la implementación de Ceph, efectuando la instalación en la infraestructura disponible que se describe a continuación: 7 CPU de escritorio, marca HP (modelo Compaq dc7800 Small Form Factor), con 1 GB de memoria RAM, discos duros (HDD) de 160 GigaBytes o 250 GigaBytes, procesadores Dual Core de 1.80GHz.

Se invierte inicialmente en la adquisición de 6 discos duros SATA[21] de 2 TeraBytes cada uno. Se decide adquirir este tipo de dispositivo de almacenamiento, con la finalidad de que sean elementos de hardware común, disponible en el mercado local y a una relación precio/beneficio adecuada, manteniendo el concepto de “bajo costo”. La capacidad de almacenamiento del disco seleccionado es el HDD de mayor capacidad soportado y recomendado por el fabricante de la PC. Además, por una cuestión de disponibilidad y costos en el mercado local, es la capacidad de dispositivo más adecuada a la relación costo/beneficio/disponibilidad en la región.

También se compra un Switch Gigabit Ethernet con 24 puertos de 10/100/1000Mbps. La marca del dispositivo es TPLink y el modelo es de prestaciones media/baja.

La implementación inicial se muestra en la figura 2, está compuesta por 6(seis) OSD (Object Storage Device), y 1(un) monitor con funciones de administrar la MDS (Metadata Software), todos dentro de la infraestructura del sistema de archivos Ceph. Tal como lo indica el sistema de archivos Ceph, se puede definir la cantidad de copias que van a existir, para cada objeto almacenado, estos son los PGS[5] (Placement Groups), se decidió efectuar 4 copias, lo que implica una pérdida significativa del almacenamiento total existente, ya que cada objeto es replicado 4 veces. Esto nos permite contar con una redundancia muy adecuada al soporte a fallas de los OSD.

Con esta configuración quedó un espacio de almacenamiento inicial total de 9,6TBytes. Si bien los 6 OSD con discos de 2TBytes, da un total de espacio de almacenamiento de 12TBytes, la configuración aplicada, deja en promedio una pérdida de espacio de alrededor del 20%.

Se define como única red de interconexión, tanto para la administración como para la transferencia de información, una de clase C (/24). Se configura la seguridad de acceso de cada cliente mediante archivos KEYRING[5], ubicados: en el MONITOR y en c/u de los clientes. La configuración mediante estos archivos, indica que tipo de permisos tiene cada cliente y a que objetos puede acceder.

Se efectúa una implementación sencilla con la finalidad que el sistema pueda ser administrado y mantenido por personal idóneo en el tema, pero no por expertos. Se utiliza la herramienta ceph-deploy[5], que permite efectuar distintas tareas de

instalación de manera estándar, sin la necesidad de tener que configurar manualmente toda la parametrización de la instalación. Toda la configuración se realiza desde el servidor dedicado para MONITOR, (y en concordancia con el funcionamiento de Ceph). Este mismo componente es el que brinda el servicio de publicar el medio de almacenamiento hacia aquellos servidores (que son clientes del sistema de archivos) y que lo utilizarán para almacenar su información.

Se decide implementar Ceph, a partir de la necesidad almacenar archivos de multimedia, (videos, fotos, audios). En esta, se define un único pool de espacio de almacenamiento (área de almacenamiento), ya que permite crecer sin la necesidad de indicar a que pool se va a asignar cada nuevo OSD que se agrega. Con esto, cada OSD se agrega directamente a un único espacio de almacenamiento. Luego cada servidor cliente de ese sistema de archivos distribuido, utiliza un módulo del núcleo del sistema operativo, en el espacio de usuario, llamado FUSE[22], esto se muestra en la figura 4. El software es fuse-block[5], otorga los permisos definidos en el monitor, y monta el sistema de archivos Ceph.

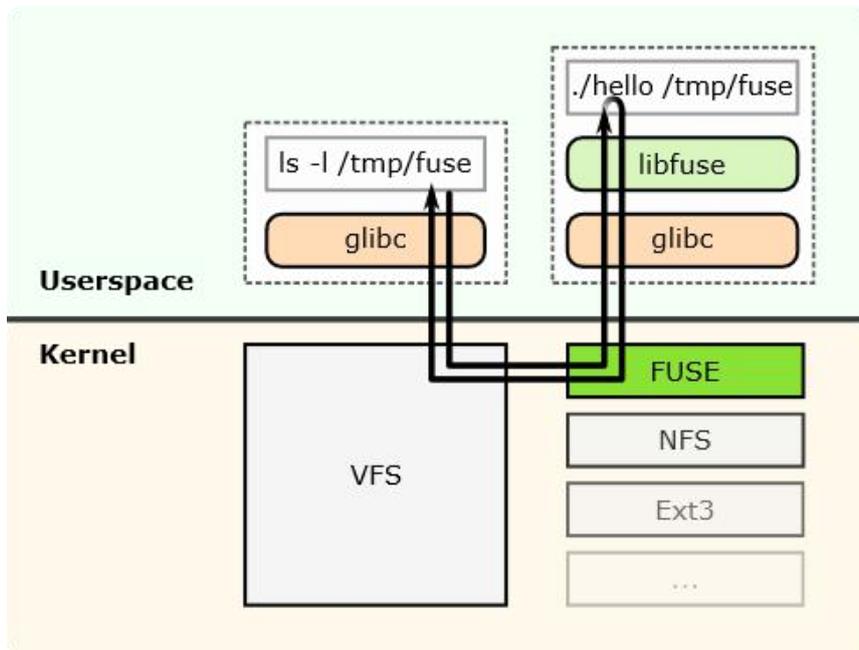


Fig. 4. Arquitectura del Sistema (FUSE).

Una vez concluida la instalación del sistema de archivos distribuido, se procede a instalar un servidor con el Sistema de catálogo de archivos multimedia. Para ello se utiliza el software MEDIADROP[23], que es la herramienta que utiliza el usuario final para administrar los contenidos multimediales (Archivos de Audio/Video). Este servidor MediaDrop monta parte de su sistema de archivos, enlazando ese espacio de almacenamiento local con el sistema de archivos definido en Ceph. Se define un

espacio de almacenamiento inicial de aproximadamente 9,5TBytes. Una vez configurado, se da acceso al personal del CDA para que realice la copia de los archivos multimedia desde sus PC, con sistema operativo Windows, accediendo a través de la red a ese MediaDrop, compartiendo su espacio de almacenamiento por intermedio de un SAMBA[24], el cual está instalado en el mismo servidor.

En el mismo servidor de MediaDrop, se ofrece un servicio de ftp, para que el acceso a la lectura de los archivos multimedia, por parte de los clientes, se efectúe mediante un protocolo adecuado que soporte una tasa de transferencia sostenida superior al de otros protocolos tales como http. Esta configuración mejora la reproducción de videos del catálogo MediaDrop, al reproducir los contenidos de manera estable y fiable, permitiendo mayor cantidad de conexiones hacia el servidor, sin degradar la calidad del servicio. Este esquema se muestra en la figura 5.

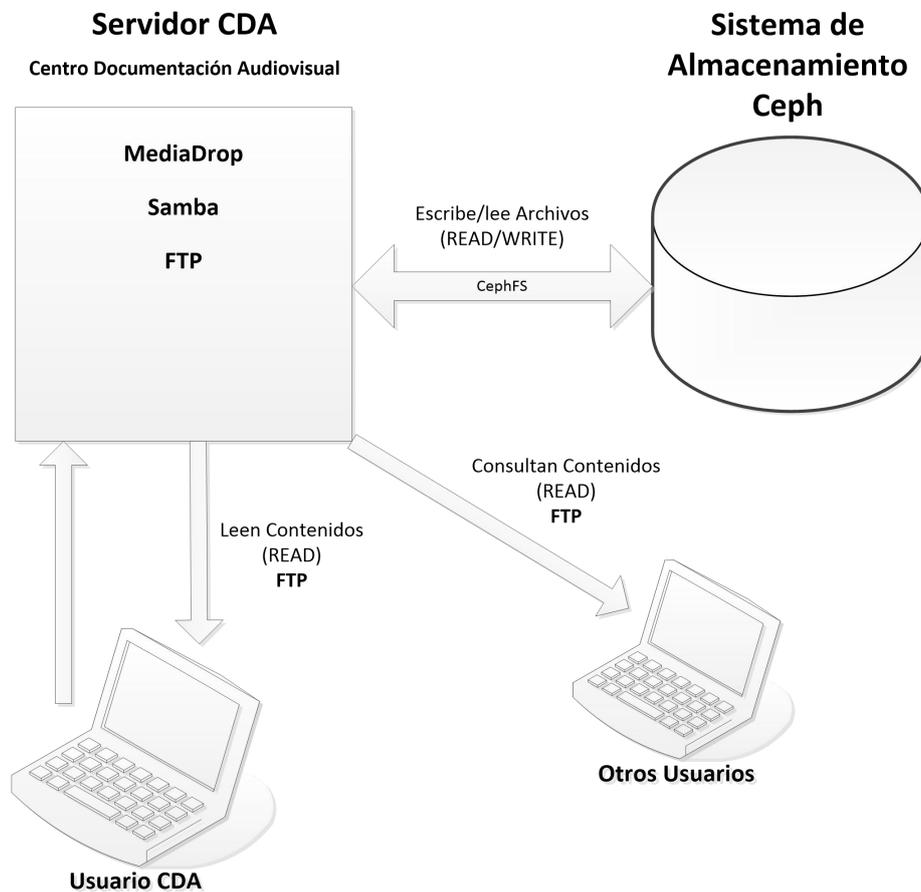
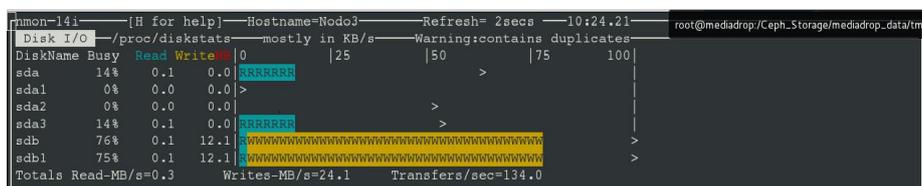


Fig. 5. Implementación en el CDA (*Centro Documentación Audiovisual*).

En mediciones efectuadas sobre la velocidad de transferencia de archivos, entre clientes y el sistema de almacenamiento distribuido, se vio que el cuello de botella no está en la red, ya que de acuerdo a estas mediciones, se observó que la degradación es en la velocidad de escritura sobre los OSD. Esto se da por tratarse de CPU no muy veloces, que además tienen discos SATA, y al estar utilizando una tecnología de almacenamiento distribuido interconectado por una red Ethernet de mediana velocidad, es mucho más lenta en comparación con un almacenamiento en discos locales con raid o un sistema de almacenamiento en hardware propietario. En la figura 6 se muestra la medición de la velocidad de escritura en el servidor CDA sobre el almacenamiento distribuido. En la Figura 7, la velocidad de la red que interconecta el sistema de almacenamiento distribuido.



**Fig. 6.** Medición de la velocidad de Escritura(W)/Lectura(R) sobre el Almacenamiento (*Ceph*).



**Fig. 7.** Medición de la velocidad la Red de interconexión del Almacenamiento (*Ceph*).

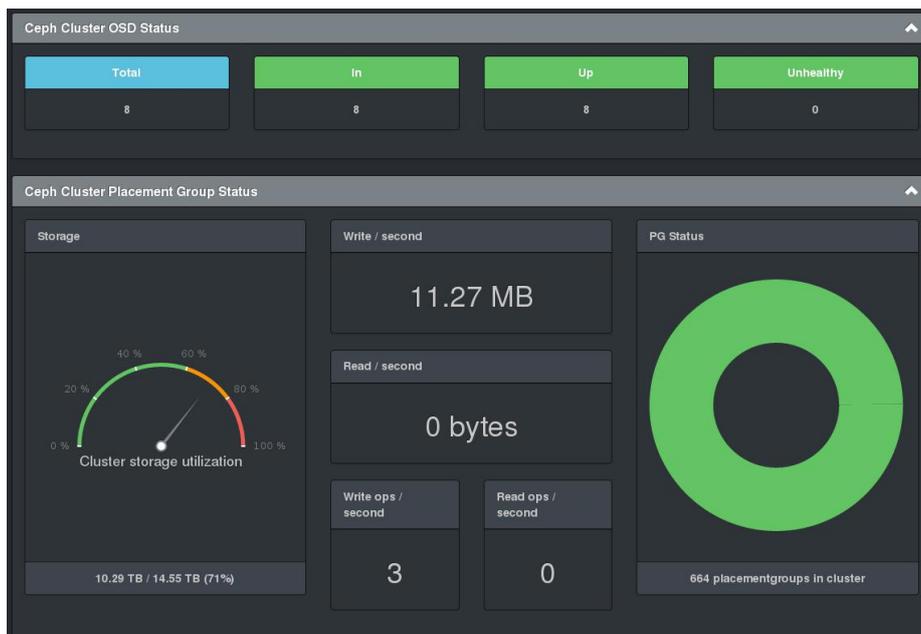
En el transcurso del despliegue de Ceph, se detecta una degradación en los accesos al servicio, luego de realizar un análisis de la situación, se puede ver que al tener un solo monitor este se ve superado en la cantidad de procesos en ejecución. Estos generan cuellos de botella, en donde se procesa la información para determinar la ubicación de cada uno de los objetos, dentro del sistema de archivos. Para mejorar esta velocidad de procesamiento, se procede a la instalación y configuración de 2 monitores más. Se estuvo analizando en profundidad la documentación de Ceph y se siguieron las recomendaciones indicadas, la que sugiere la necesidad de contar como un mínimo 3 monitores, los que por un lado mejoran la seguridad de acceso a la información almacenada en los OSD: al contar con réplicas del monitor en el caso que uno de ellos quede fuera de servicio; además de distribuir la carga de procesamiento de los monitores. Estos nuevos monitores se instalan en máquinas virtuales, utilizando dos motores de virtualización, con Hypervisor KVM, ubicados en distintos servidores físicos y conservando la misma configuración que tiene el monitor instalado inicialmente. Al agregar estos nuevos monitores, se procede a redistribuir el acceso al sistema de archivos, desde cada cliente, para distribuir la carga sobre los monitores y aliviar la carga del monitor principal.

Luego de efectuar estos cambios, se instala ceph-dash[5] en uno de los monitores, para poder tener un sistema de monitoreo que muestre en forma sencilla y abreviada el estado general del cluster de almacenamiento, esto se muestra en la figura 8.

La configuración de los monitores quedó de la siguiente manera:

- Monitor 1: Monitor principal, y MDS (Metadata Software).
- Monitor 2: Monitor, y acceso desde el servidor cliente mediante fuse-block.
- Monitor 3: Monitor, y Ceph-Dash[5] (herramienta de monitoreo de estado del cluster)

Luego de efectuar esta modificación, que mejoró el acceso por parte de los clientes y conllevó a mayor utilización del espacio de almacenamiento del sistema de archivos, se detecta que el clúster se está quedando sin espacio de almacenamiento disponible, por lo que se agregan 2(dos) OSD mas, a los 6(seis) existentes hasta ese momento, llevando el tamaño de almacenamiento a 14,5TBytes. Una recomendación muy importante indicada en la documentación de Ceph, es que jamás se debe sobrepasar el 85% de la utilización del espacio total de almacenamiento, ya que el proceso de agregar nuevos nodos OSD se dificultaría, y como consecuencia de esto se puede incurrir en la pérdida de información, motivo por el cual, se debe estar monitoreando continuamente este parámetro y deben tomarse las medidas adecuadas para que esto no suceda.



**Fig. 8.** Estado del Sistema de Almacenamiento - Aplicación (*ceph-dash*).

Luego de efectuar estos cambios se llegó a una situación estable con funcionamiento óptimo. Asimismo se tuvo que realizar una optimización de la configuración de los pesos de cada nodo OSD dentro del cluster(sistema de almacenamiento distribuido), ya que había que balancear la carga de almacenamiento de los nodos existentes con los nuevos nodos incorporados.

Teniendo en cuenta que el cluster le asigna un peso de 1 a cada nodo OSD que se inicia, siendo ese valor el de menor peso, se modifica la configuración para que se redistribuyan las cargas de forma equitativa entre todos los nodos OSD. Este procedimiento se tiene que efectuar manualmente cada vez que se incorpora un nuevo nodo OSD al cluster, el valor aplicado es REWEIGHT, la distribución quedaría entonces como se muestra a continuación en la figura 9:

```
[clus@monitor2 ~]$ ceph osd df
ID WEIGHT REWEIGHT SIZE USE AVAIL %USE VAR PGS
0 1.81850 0.89999 1862G 1295G 566G 69.57 0.98 157
1 1.81850 1.00000 1862G 1253G 608G 67.30 0.95 174
2 1.81850 1.00000 1862G 1274G 587G 68.46 0.97 175
3 1.81850 0.89999 1862G 1361G 500G 73.11 1.03 180
4 1.81850 0.79999 1862G 1335G 526G 71.73 1.01 143
5 1.81850 0.89999 1862G 1318G 543G 70.79 1.00 153
7 1.81850 0.95000 1862G 1365G 496G 73.33 1.04 175
8 1.81850 0.95000 1862G 1329G 532G 71.38 1.01 171
TOTAL 14896G 10533G 4363G 70.71 MIN/MAX VAR: 0.95/1.04 STDDEV: 2.04
```

**Fig. 9.** Estado de la re-distribución del espacio en el Sistema de Almacenamiento (*Ceph*).

## 7. Conclusiones

La principal motivación para el despliegue del Sistema de Almacenamiento Distribuido (*Ceph*) es la expansión sin límites del espacio de almacenamiento disponible para todos los usuarios de la UNCuyo, haciendo hincapié en su utilización con gran cantidad de datos, y enfocado en el uso de Big Data y Cloud, ya sea para usuarios finales, sistemas en funcionamiento en el Centro de Datos principal o en los Centros de Datos secundarios de la Universidad Nacional de Cuyo.

Es difícil establecer durante cuánto tiempo habrán limitaciones económicas-financieras por lo que esta solución aprovecha al máximo los recursos existentes actuales y minimiza los costos del hardware y la dependencia que se tienen sobre las infraestructuras de almacenamiento propietarias.

Un punto muy crítico y aplicable a todos los casos, es que requiere capacitación y entrenamiento, por lo tanto uno de los principales costos que tenemos junto con la actualización del hardware, es la capacitación del recurso humano que estará a cargo de administrar esta infraestructura.

## Referencias

1. Reseña Histórica de la UNCuyo: <http://www.uncuyo.edu.ar/paginas/index/resena-historica>.
2. R. Cutuli, C. Catania y C. García Garino: Problemas y herramientas en la seguridad de redes de transmisión de datos universitarias. El caso de la Universidad Nacional de Cuyo. Primera Conferencia de Directores de Tecnología de Información. TICAL 2011, Panamá, Junio 2011
3. Servidores BladeCenter IBM:

- [ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/stg/bladecenter/hs22\\_es.pdf](ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/stg/bladecenter/hs22_es.pdf)  
[ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/gb/mx/BC\\_H.pdf](ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/gb/mx/BC_H.pdf)
4. Fibre Channel Storage Area Networks (SAN): <http://www-03.ibm.com/systems/storage/san/>
  5. Proyecto Ceph: <http://ceph.com/>, <http://docs.ceph.com/docs/master/>
  6. IDE: [https://es.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_Drive\\_Electronics](https://es.wikipedia.org/wiki/Integrated_Drive_Electronics)  
[http://www.ele.uri.edu/courses/ele408/s2001/projects/roland\\_ide/IDE.pdf](http://www.ele.uri.edu/courses/ele408/s2001/projects/roland_ide/IDE.pdf)
  7. SCSI: [https://es.wikipedia.org/wiki/Small\\_Computer\\_System\\_Interface](https://es.wikipedia.org/wiki/Small_Computer_System_Interface)  
<http://www.t10.org/scsi-3.htm>
  8. RAID: <https://es.wikipedia.org/wiki/RAID>
  9. Gluster File System: [https://es.wikipedia.org/wiki/Gluster\\_File\\_System](https://es.wikipedia.org/wiki/Gluster_File_System)
  10. SID UNCuyo: <http://sid.uncu.edu.ar/sid/cda/>
  11. SeñalU: <http://www.senalu.tv/>
  12. Universidad Politécnica de Madrid: <http://www.upm.es/>
  13. OpenStack: <https://www.openstack.org/>
  14. Big Data: [https://es.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://es.wikipedia.org/wiki/Big_data)
  15. Illinois University: <http://illinois.edu/>
  16. Cloud Computing:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n\\_en\\_la\\_nube](https://es.wikipedia.org/wiki/Computaci%C3%B3n_en_la_nube)
  17. Universidad Monash: <http://www.monash.edu/>
  18. Implementaciones empresariales de Ceph: <http://ceph.com/users/>
  19. VHS: <https://es.wikipedia.org/wiki/VHS>
  20. HDD: [https://es.wikipedia.org/wiki/Unidad\\_de\\_disco\\_duro](https://es.wikipedia.org/wiki/Unidad_de_disco_duro)
  21. SATA: [https://es.wikipedia.org/wiki/Serial\\_ATA](https://es.wikipedia.org/wiki/Serial_ATA)
  22. FUSE:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_archivos\\_en\\_el\\_espacio\\_de\\_usuario](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_archivos_en_el_espacio_de_usuario)
  23. Mediadrop: <http://mediadrop.video/>
  24. Samba: <https://www.samba.org/>

## **Evolução do Serviço de Monitoramento da RNP**

Emmanuel Gomes Sanches, Paulo Maurício Júnior

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, R. Lauro Muller 116 / 1103, 22290-906 - Rio de Janeiro,  
Brasil

emmanuel.sanches@rnp.br, paulo.junior@rnp.br

**Resumo:** Este trabalho tem por objetivo compartilhar a experiência da RNP na promoção da evolução do seu serviço de monitoramento que teve como principal motivação estabelecer um maior controle da operação e melhor gestão da infraestrutura de comunicação da rede acadêmica brasileira, assim como de seus serviços agregados de comunicação e colaboração. Em uma mudança na sua filosofia de trabalho a RNP decide ampliar significativamente sua responsabilidade de suporte e monitoramento, incluindo as conexões de clientes com a rede acadêmica no seu escopo de monitoramento, trabalho que antes ficava a cargo das equipes de cada um dos seus pontos de presença nacional. Portanto descreve as necessidades de melhoria identificadas, a estratégia adotada, seu plano de ação ao longo de 2 anos, suas dificuldades, as soluções encontradas e os benefícios que essa evolução do serviço de monitoramento proporcionou para a gestão de infraestrutura da RNP e conseqüentemente para seus clientes. Finalmente aponta quais deverão ser os próximos passos já definidos que a RNP está seguindo na continuidade da melhoria.

**Palavras chave:** Gestão de redes, gestão de serviços, disponibilidade, monitoramento de rede, monitoramento de serviços, monitoramento de datacenter, arquitetura distribuída

**Eixo temático:** Infraestrutura e desenvolvimento de software

### **1. Introdução**

#### **1.1. Sobre a RNP**

A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) [1] foi criada em 1989, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) [2], para construir uma infraestrutura de internet acadêmica. Desde então, participa do desenvolvimento da internet no Brasil, com a introdução de novas tecnologias e a implantação da primeira rede óptica acadêmica da América Latina, em 2005, batizada de Rede Ipê. Portanto a RNP é a *National Research and Education Network* (NREN) brasileira, que proporciona à comunidade acadêmica do país serviços de conectividade e de comunicação e colaboração, disponibilizados através de uma infraestrutura de rede predominantemente sobre TCP/IP.

## 1.2. Sobre a Rede Ipê

A rede da RNP (Rede Ipê) é composta por um conjunto de enlaces que interconectam 27 PoPs (Pontos de Presença), formando uma malha óptica, espelhados por todo o país (Figura 1). As instituições clientes da RNP se conectam nacionalmente à Rede Ipê através dos PoPs, através de redes metropolitanas próprias existentes ou através de circuitos contratados de provedores de Internet.

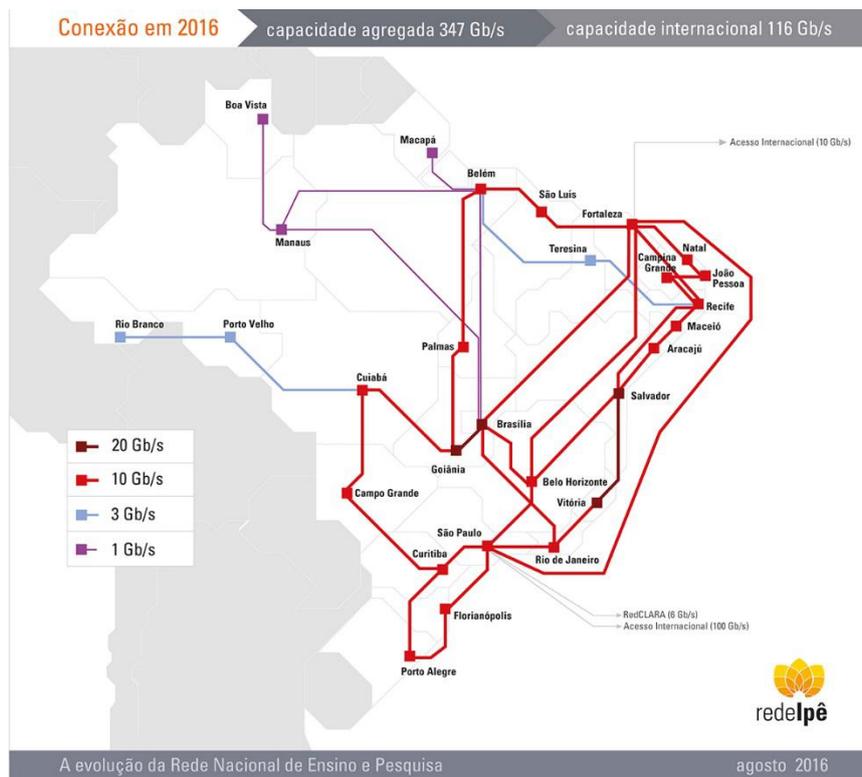


Fig. 1. Cenário de topologia da rede Ipê e seus 27 PoPs em dezembro de 2016

## 1.3. Sobre o NOC

O Núcleo de Operações de Redes da RNP ou *Network Operation Center* (NOC) tem por objetivo fazer todo o monitoramento de interesse da RNP através de ferramentas especializadas e equipe em regime 24x7. Sua missão primária é monitorar os enlaces que formam o *backbone* da Rede Ipê, acompanhando os seus estados e o correto funcionamento de importantes serviços disponibilizados aos clientes da RNP. A gestão de suas atividades assim como o planejamento e implementação de sua evolução são feitos pela Gerência de Tecnologia da Informação (GTI), uma das

gerências da Diretoria de Engenharia e Operações (DEO), da RNP. Além do monitoramento e análise de falsos positivos para acionamento das equipes técnicas responsáveis pela recuperação, a equipe do NOC faz ainda a operação de primeiro nível dos enlaces da Rede Ipê (*backbone*). A partir da identificação de uma falha ou incidente a equipe de operadores do NOC aciona o analista responsável pela disciplina afetada para a recuperação do serviço (Figura 2).

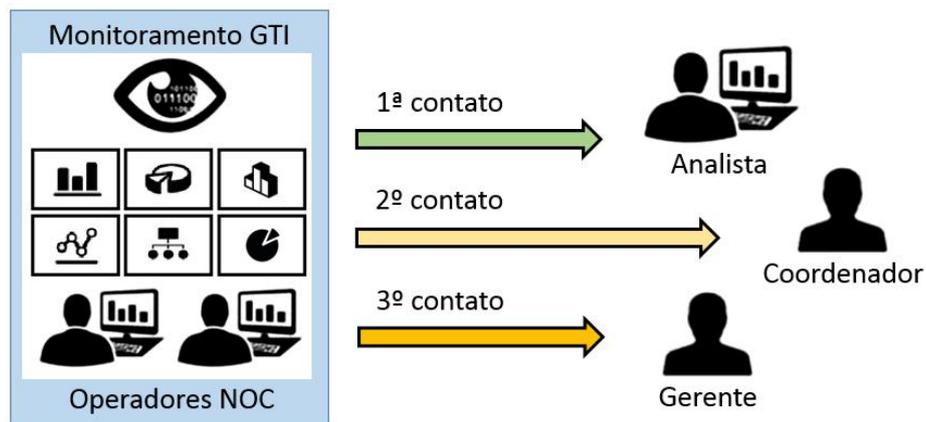


Fig. 2. Processo de monitoramento e escalonamento a cada 10 minutos

## 2. Cenário inicial

Até 2014 o NOC da RNP fazia o monitoramento da conectividade da rede e do status da infraestrutura de TI residente em seu datacenter principal (IDC) em Brasília, DF, com ferramentas como NAGIOS [3] e [4], CACTI [5] e OpManager [6], através de protocolo SNMP. Dessa forma, uma eventual falha na rede de comunicação ou na infraestrutura que comporta seus serviços avançados podia ser identificada rapidamente. Apesar do serviço regular de monitoramento estabelecido, a RNP continuava sendo surpreendida eventualmente com algumas dificuldades:

- Atuação reativa em situações de falha na recuperação da conectividade dos clientes com os PoPs
- Falta de visibilidade na identificação de serviços afetados em caso de falha na infraestrutura de TI
- Ausência de estatísticas de disponibilidade dos seus serviços
- Dependência de relatórios das equipes dos PoPs para acompanhamento da saúde da conectividade das instituições usuárias
- Falta de padronização e qualidade (variável) nas informações para a gestão do serviço de conectividade

### 3. Objetivo

A partir deste cenário a GTI decidiu elaborar um plano para promover a evolução do monitoramento para melhoria da qualidade da sua gestão, através da inserção de novas ferramentas, ampliação do seu escopo de atuação e readequação de sua equipe, alinhada com as demais gerências da DEO. Com isso esperava-se ter uma atuação mais proativa, diminuir o tempo de recuperação, aumentar a disponibilidade dos seus serviços e elevar a satisfação de seus clientes.

### 4. Estratégia

Para a construção do plano de evolução do monitoramento foi adotada a seguinte abordagem:

Identificar possibilidades de melhoria no serviço. Para tal definimos as seguintes ações:

- Observar anseios das áreas clientes
- Reavaliar ferramentas de monitoramento
- Redefinir o escopo de monitoramento

Estabelecer *roadmap* para evolução do escopo. Os seguintes tipos de monitoramento foram identificados como necessários para melhoria da gestão:

- Monitoramento da Disponibilidade
- Monitoramento da Performance
- Monitoramento da Qualidade

O NOC já fazia monitoramento da disponibilidade de diversos ativos e serviços da RNP, entretanto poderia ser melhorado. Após este trabalho melhoria deveremos avaliar a performance dos objetos monitorados para em seguida definir métricas de qualidade e avaliar o cumprimento das mesmas.

Iniciando pela análise do monitoramento da disponibilidade, estabelecemos o seguinte escopo:

- Melhoria do monitoramento da Conectividade
- Melhoria do monitoramento da Infraestrutura de TI
- Estabelecer o monitoramento dos Serviços Avançados para clientes
- Estabelecer o monitoramento dos Serviços Internos (corporativos)

## 5. Nova arquitetura de monitoramento

No modelo adotado anteriormente, todas as ferramentas utilizadas faziam o monitoramento da rede de forma centralizada, geralmente em um servidor localizado no seu datacenter principal (IDC), estabelecendo um ponto de falha no serviço. Por exemplo, em uma situação onde ocorresse uma falha na comunicação de um dos PoPs com a Rede Ipê, a RNP perdia a informação de funcionamento do datacenter do PoP e da comunicação desse com todas as suas instituições clientes, sem possibilidade de recuperar o histórico desse monitoramento (Figura 3).

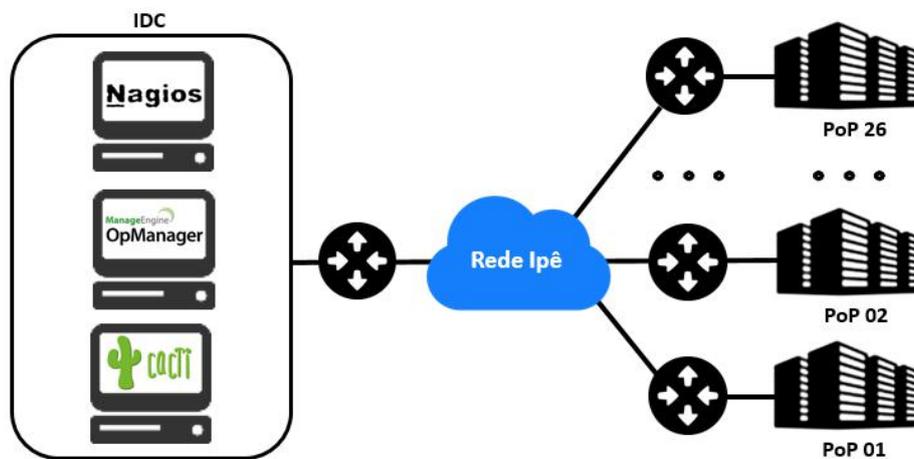


Fig. 3. Arquitetura da solução anterior com monitoramento centralizado

Em 2015 a GTI iniciou estudo para avaliação de outras soluções para monitoramento de sistemas distribuídos [7] de forma atender seu cenário de infraestrutura distribuída geograficamente e em sua conclusão optou por adotar uma nova ferramenta de monitoramento denominada Centreon [8] ainda neste mesmo ano.

Ao contrário da solução anterior, esta nova solução possui arquitetura distribuída, com desenvolvimento baseado no código do Nagios, onde elementos distribuídos (*pollers*) coletam informações de monitoramento e encaminham para um servidor central fazer a consolidação (Figura 4).

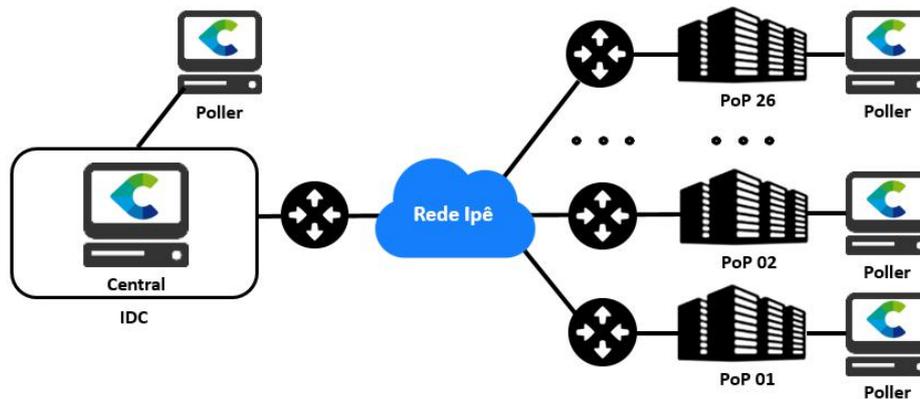


Fig. 4. Arquitetura da nova solução adotada com monitores (*pollers*) distribuídos

Esta solução provê maior disponibilidade ao serviço de monitoramento, se tornando resiliente (capacidade de recuperação) a falhas de comunicação com sites e/ou ambientes remotos a serem monitorados. Em caso de perda de comunicação com um dos hosts a serem monitorados, o elemento remoto (*poller*) da arquitetura distribuída continua coletando estatísticas locais de monitoramento (Figura 5). Ao reestabelecer a comunicação o *poller* local atualiza o servidor Central e o sistema não perde o cenário geral de monitoramento.

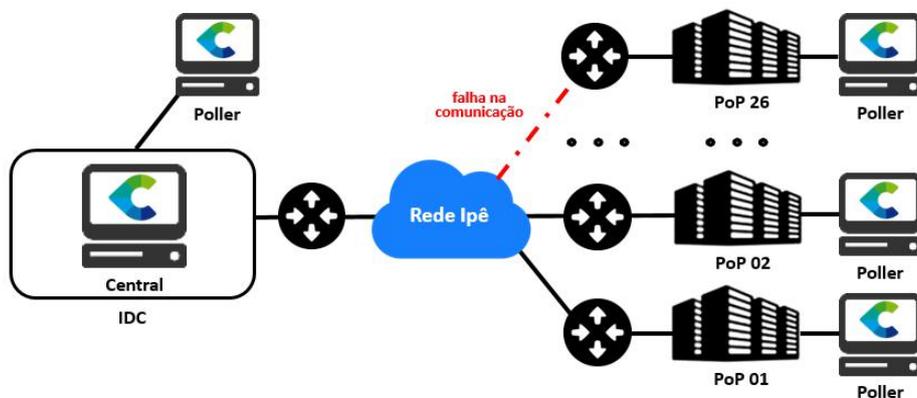


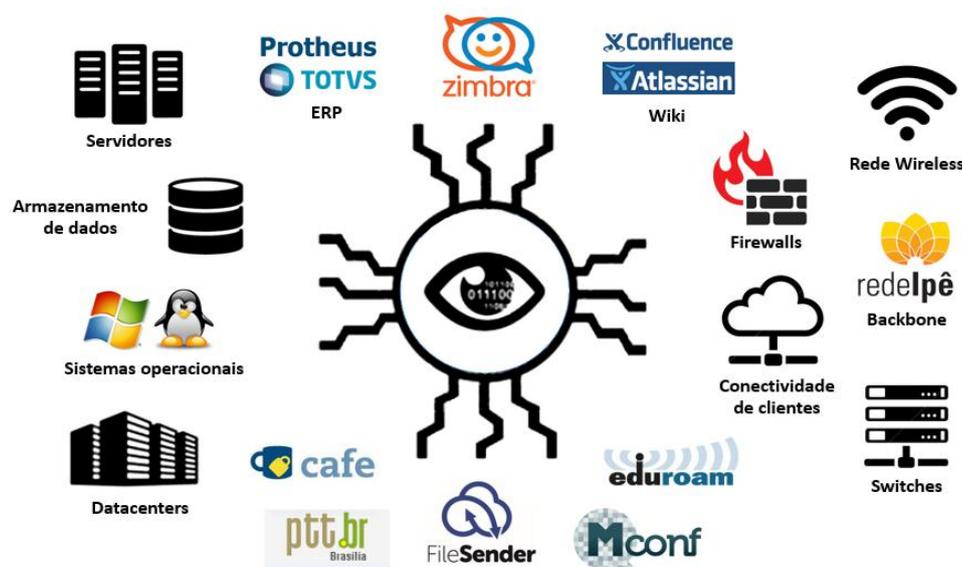
Fig. 5. Exemplo do modelo de alta resiliência onde serviços no datacenter do PoP 26 continuam sendo monitorados durante situação de falha na comunicação

A GTI já instalou até o momento 21 servidores *pollers* e está atualmente monitorando 1.037 hosts com um total de 3.012 elementos. Desta forma as ferramentas de monitoramento do NOC estão sendo gradativamente substituídas por uma solução mais robusta e com maior capacidade de monitoramento. Isso sem necessidade de aumento do orçamento, conforme a mesma possui código aberto.

## 6. Escopo do monitoramento

A partir da avaliação de atuação do NOC na contribuição com a gestão da rede e dos serviços da RNP, foi definido o seguinte conjunto de objetos a serem monitorados a ser estabelecido (Figura 6):

- Monitoramento da Rede Ipê monitorado - Já
- Monitoramento de clientes das Redes Metropolitanas monitorado - Já
- Monitoramento da Infraestrutura de TI monitorado - Já
- Monitoramento dos Serviços corporativos da RNP - Implementar
- Monitoramento dos Serviços avançados para clientes- Implementar
- Monitoramento dos circuitos internacionais - Internalizar
- Monitoramento dos circuitos nacionais *Out of Band* - Implementar
- Monitoramento da conectividade dos clientes - Implementar



**Fig. 6.** Exemplos de objetos de monitoramento da RNP, tais como infraestrutura de rede, TI, datacenter, serviços avançados, corporativos e etc.

### 6.1. Sobre os Serviços Avançados

A RNP possui um conjunto de serviços oferecidos através da sua Rede Ipê, que são disponibilizados para todos os seus clientes, contribuindo com seus processos e

reduzindo custos para essa comunidade. Os serviços disponíveis atualmente podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Serviços de colaboração e comunicação
  - Webconferência
  - fone@RNP
  - Telepresença
  - Videoconferência
- Serviços de Conteúdo Digital
  - Transmissão de vídeo ao vivo
  - Transmissão de sinal de TV
  - Vídeo sob demanda
  - Videoaula@RNP
  - FileSender@RNP
- Serviços de Gestão de Identidade
  - Comunidade Acadêmica Federada (CAFe)
  - eduroam
  - Infraestrutura de Chave Pública para Pesquisa e Educação (ICPEdu)
- Serviços de Hosting Estratégico
  - Internet Data Center

No escopo da ação de evolução do monitoramento da RNP, com a introdução da nova ferramenta (Centreon) o NOC passou a ter visibilidade específica da disponibilidade de todos esses serviços e não apenas identificar problemas na infraestrutura de TI dos mesmos para ter que concluir sobre a indisponibilidade de um serviço.

Para tal foi feito o levantamento do conjunto de todos os componentes que formam um serviço e construído um mapa de interdependência entre esses componentes para que o diagnóstico do problema seja mais facilmente identificado, permitindo o acionamento mais acertado da equipe responsável técnica por recuperar tal componente.

## 6.2. Sobre os datacenters da RNP

A RNP possui atualmente 3 datacenters próprios, conforme descrito a seguir:

- IDC-DF: Internet Data Center, localizado em Brasília
- CDC-AM: Container Data Center, localizado em Manaus
- CDC-PE: Container Data Center, localizado em Recife

Desta forma a RNP estabelece presença estratégica distribuída em regiões do Brasil de forma a atender demandas de processamento e armazenamento de seus clientes com melhor performance.

Para monitorar a infraestrutura de seus datacenters, que é composta pelos sistemas de fornecimento de energia e climatização de precisão, a RNP utiliza uma ferramenta de DCIM (*Data Center Infrastructure Manager*) específica denominada DataFaz [9].

Além de monitorar circuitos elétricos e acompanhar o consumo da infraestrutura de TI e refrigeração, coleta ainda dados de sensores de fumaça, temperatura, umidade e inundação.

### **6.3. Sobre a infraestrutura de TI**

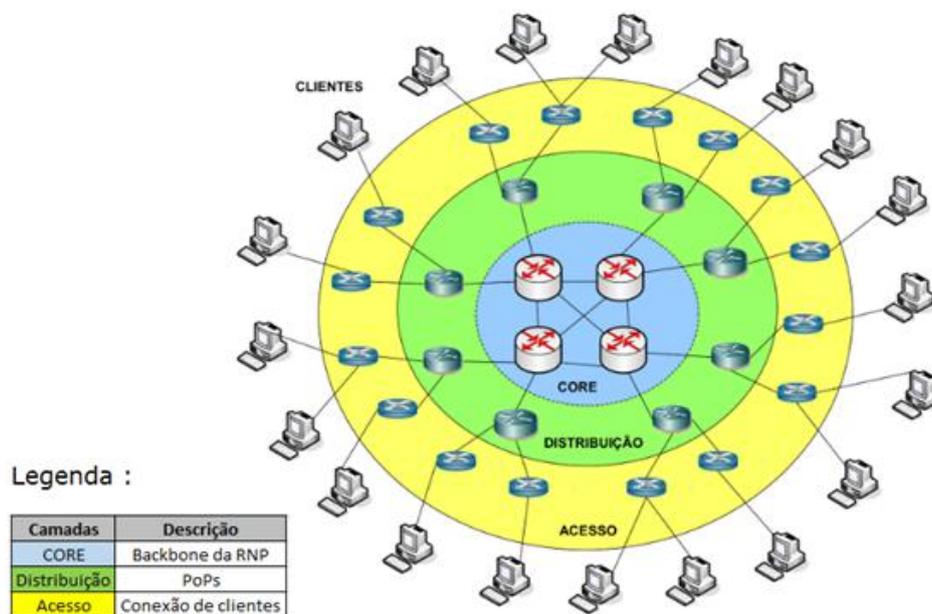
A infraestrutura de TI é composta por todos os equipamentos que implementam as redes locais da RNP e seus serviços (switches, servidores, blades, storages, firewalls e etc.). Os mesmos estão distribuídos atualmente em 5 localidades.

### **6.4. Sobre os serviços corporativos**

Os chamados serviços corporativos (correio eletrônico, Intranet, wiki, VPN, ERP, etc.) são disponibilizados exclusivamente para usuários da RNP para apoiar na sua operação e produtividade.

### **6.5. Sobre a conectividade de instituições clientes**

Entre as ações que compõem o esforço da RNP para evolução do seu serviço de monitoramento está o projeto denominado “Monitoramento Integrado” que tem como objetivo ampliar o escopo de monitoramento do NOC, que antes observava apenas a disponibilidade das conexões que formam o *backbone* da Rede Ipê e a infraestrutura dos serviços ofertados via rede. A partir deste trabalho, o NOC também passou a monitorar as conexões de cada um dos clientes da RNP com os respectivos PoPs.



**Fig. 7.** Camadas de comunicação da Rede Ipê representando as fases de ampliação do escopo de monitoramento da RNP.

Após o levantamento dos elementos a serem monitorados em cada PoP a RNP implementou a infraestrutura de monitoramento de arquitetura distribuída, formada por servidores pollers em cada PoP. A partir daí passou a monitorar a saúde da comunicação de cada cliente com o respectivo PoP de acesso à Rede Ipê (Figura 7).

Ao longo da implementação deste projeto que iniciou em 2015, a RNP vai tendo uma maior visibilidade do estado geral da comunicação de todos os clientes da Rede Ipê. Esta ação tem objetivo de incluir seus 27 PoPs e cerca de 1.237 instituições no escopo de monitoramento do NOC.

Em 2017 a RNP está dando continuidade nesta ação, que dezembro de 2016 foram adicionados no monitoramento cerca de 497 roteadores (hosts), impactando num aumento de 1.627 elementos a serem monitorados pelo time do NOC. Nesta fase do projeto já foram incluídos 10 dos 27 PoPs operando neste novo modelo de gestão da rede:

- PoP-AL – 77 itens monitorados
- PoP-CE – 227 itens monitorados
- PoP-DF – 241 itens monitorados
- PoP-PA – 226 itens monitorados
- PoP-PR – 138 itens monitorados
- PoP-RJ – 171 itens monitorados
- PoP-RN – 148 itens monitorados
- PoP-SE – 72 itens monitorados

- PoP-SP – 257 itens monitorados
- PoP-TO – 70 itens monitorados

Com isso a RNP que antes monitorava apenas o seu *backbone* (vide camada core na figura acima) passa a monitorar também os PoPs (camada de distribuição) e todas as suas instituições clientes (camada de acesso). Isso já está permitindo a RNP fazer uma atuação pró ativa na gestão da conectividade das suas instituições clientes, identificando eventuais falhas antes que o cliente perceba, que regularmente passou a ser avisado do incidente.

## 7. A evolução do monitoramento no tempo

Até 2014 o NOC já realizava o monitoramento da Rede Ipê e Infraestrutura de TI, entretanto com a conclusão do estudo para avaliação de ferramentas em 2015, todo este escopo precisou ser reintroduzido, desta vez na nova ferramenta (Centreon).

Ainda em 2015 foram inseridos no escopo de monitoramento do NOC:

- Serviços Avançados, disponibilizados através da Rede Ipê para as instituições clientes da RNP
- Circuitos “*out of band*”, que fazem redundância da comunicação dos roteadores da Rede Ipê através de uma rota alternativa pela Internet

Outra mudança que ocorreu foi a iniciativa para ampliar o escopo do monitoramento da rede até alcançar a conectividade das suas instituições clientes. Esta ação iniciou em 2015, continuou a ser feita em 2016, está sendo feita em 2017 e terá prosseguimento até 2018 para conseguir incluir todas as 1.237 instituições clientes.

Anteriormente a RNP contratava um serviço de monitoramento para os links internacionais, mas em 2016 este trabalho acabou sendo internalizado pelo NOC. No mesmo ano a RNP implementou o monitoramento dos seus serviços corporativos (cerca de 40).

## 8. O monitoramento em números

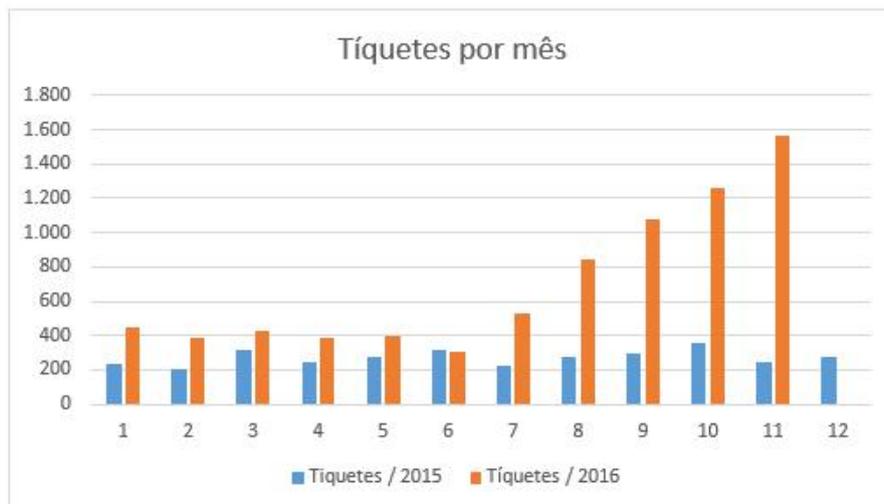
Atualmente o NOC da RNP monitora somente através da ferramenta Centreon um total de 5.450 itens, sendo que 1.277 relativos a hosts (máquinas) e 4.223 elementos (memória, CPU, armazenamento, indicadores de banco de dados, componentes de serviços, aplicações e etc.). Observando alguns dos principais grupos monitorados pelo NOC, podemos destacar:

- Monitoramento da Rede Ipê com 191 itens, sendo 39 hosts e 152 elementos

- Monitoramento dos PoPs, inclui as conexões com as Redecomeps e todas as instituições cliente conectadas aos PoPs, totalizando 1.635 itens, sendo 508 hosts e 1.127 elementos
- Monitoramento dos serviços avançados da RNP para suas instituições clientes com 747 itens, sendo 83 hosts e 664 elementos
- Monitoramento dos serviços corporativos da RNP com 1.272 itens, sendo 126 hosts e 1.146 elementos
- Monitoramento da infraestrutura de datacenters, composta por sistemas de energia e climatização de precisão, com 84 itens

## 9. Impacto da evolução na demanda sobre o NOC

Com a ampliação do escopo de monitoramento do NOC estabelecido com a inserção dos serviços avançados e da conectividade das suas instituições clientes, tivemos um aumento significativo na demanda sobre o time, representando um incremento de 256% na quantidade de tíquetes abertos pelos operadores (Figura 8).



**Fig. 8.** Evolução da demanda sobre o time do NOC, mostrando aumento de 256%

Portanto observamos que existia uma demanda reprimida por monitoramento que exigiu uma readequação do time de operadores do NOC. Com isso foi necessário inserir mais um operador por turno na equipe.

## 10. Benefícios e conclusão

Após avaliarmos os resultados obtidos com a implementação do plano de evolução do monitoramento da RNP ao longo deste período de 2 anos, observamos os seguintes benefícios:

A adoção da nova ferramenta (Centreon) proporcionou uma maior disponibilidade e resiliência em caso de falhas, ao serviço de monitoramento da RNP, através de sua arquitetura distribuída onde agentes remotos (pollers) continuam o monitoramento dos ativos (hosts e elementos) de uma dada localidade, mesmo quando essa perde comunicação com o datacenter principal da RNP.

A nova ferramenta possibilitou ainda acrescentar capacidade ao NOC de monitorar não apenas a infraestrutura dos serviços, mas também de realizar testes funcionais para verificar a saúde dos serviços.

A inserção da visibilidade de serviços ao monitoramento da RNP possibilitou um melhor diagnóstico de problemas e maior acerto no encaminhamento dos incidentes para as equipes técnicas de suporte, evitando por exemplo acionar um analista de infraestrutura de TI numa situação onde a falha está sendo ocasionada por um mau comportamento da aplicação que deveria ser encaminhado para a equipe de sistemas.

O diagnóstico mais preciso através do monitoramento dos serviços avançados ocasionou uma maior disponibilidade dos mesmos, conforme diminuimos os seus tempos de recuperação.

A ampliação do escopo de monitoramento através da inserção da conectividade dos suas instituições clientes com os PoPs possibilitou a RNP ter uma atuação proativa na identificação e recuperação dos circuitos e elevar a satisfação geral dos seus clientes.

Todas estas ações possibilitaram que a RNP passasse a fazer um melhor controle, planejamento e suporte aos seus serviços, tanto de conectividade quanto serviços avançados para suas instituições clientes.

Finalmente consideramos que a iniciativa foi bem sucedida e deverá ter continuidade agora em 2017 para aumento da capacidade de gestão dos serviços [10] e [11] da RNP.

## 11. Próximos passos

Neste momento a RNP continua trabalhando na evolução do seu serviço de monitoramento, implementando as seguintes melhorias:

### 11.1. Status blog

A RNP deseja disponibilizar para seus clientes um *dashboard* que mostre um panorama instantâneo da saúde e funcionamento de todos os seus serviços, tanto de conectividade quanto sobre os serviços avançados.

## 11.2. Ferramenta de relatórios

Outra funcionalidade identificada como de interesse das suas instituições clientes é uma interface web que permita gerar relatórios de disponibilidade no tempo, conforme o período desejado, de todos os seus serviços e/ou componentes dos mesmos.

## 11.3. Monitoramento de performance

Após a conclusão do monitoramento da disponibilidade, a próxima modalidade de monitoramento a ser abordada será o de performance. Este deverá avaliar aspectos dos serviços como por exemplo o tempo de abertura de uma página web, tempo de resposta de um banco de dados, tempo para envio de uma mensagem, assim como o tempo de resposta de qualquer aplicação de interesse.

## 11.4. Monitoramento da qualidade

Um serviço pode estar disponível mas isso não significa que o mesmo está sendo ofertado com a qualidade esperada. Uma vez tendo os dados relativos a performance dos serviços da RNP, será feito um entendimento com seus clientes, para cada serviço, o que define que tal serviço seja de qualidade. A partir daí estabeleceremos o monitoramento de *thresholds* para avaliarmos se a qualidade desejada de um dado serviço está sendo alcançada. Isso vai permitir que a RNP identifique antes mesmo da ocorrência de um problema de indisponibilidade, que já é necessária uma atuação na melhoria do serviço.

## Agradecimentos

Agradecemos à Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) por viabilizarem a elaboração deste trabalho para contribuir com a melhoria da gestão da rede acadêmica e seus serviços para a comunidade.

## Referências

1. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, <https://www.rnp.br/>
2. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, <http://www.mcti.gov.br/>
3. Josephsen, D., Galstad, E.: Nagios : Building Enterprise-Grade Monitoring Infrastructures for Systems and Networks. Prentice Hall (2013)
4. Barth, W.: Nagios : System and Network Monitoring. Open Source Press GmbH (2008)

5. Costa, F.: Ambiente de Rede Monitorado com Nagios e Cacti. Ciência Moderna (2013)
6. ManageEngine: OpManager, <https://www.manageengine.com/network-monitoring/>
7. Ewaschuk, R., Beyer, B.: Monitoring Distributed Systems: Case Studies from Google's SER Team. O'Reilly (2016)
8. Centreon Documentation, <https://documentation.centreon.com/>
9. DataFaz – DCIM para Data centers, <http://www.datafaz.com/>
10. Magalhães, IL., Walfrido, BP.: Gerenciamento de Serviços de TI na Prática: Uma Abordagem com Base na ITIL, Novatec (2006)
11. Freitas MA: Fundamentos do Gerenciamento de Serviços de TI: Preparatório para a certificação ITIL Foundation. Brasport (2011)



## Experiencia del VNOc UNAM en la implementación de un sistema de videoconferencia distribuido para la Red Nacional de Investigación y Educación en México: VC-CUDI

José Luis Rodríguez Valdez

Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Operaciones de Videoconferencia (VNOc UNAM)  
Circuito Exterior. S/N. Ciudad Universitaria, Ciudad de México  
[luisfca@unam.mx](mailto:luisfca@unam.mx)

**Resumen.** En el presente trabajo, se hace una breve descripción de la evolución de la infraestructura y los servicios de videoconferencia que la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) ha brindado desde sus inicios a las instituciones afiliadas en México, y cómo el Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia (VNOc, por sus siglas en inglés) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) colaboró en la gestión de y puesta en marcha del sistema multipunto de videoconferencias denominado VC-CUDI. Se menciona también cómo se realizó de manera general y sin detalles demasiado técnicos la configuración de estos equipos para su funcionamiento en un ambiente virtualizado y distribuido. Al final se presentan las ventajas y posibles desventajas que tiene la solución de videoconferencia solución basada en software, en comparación con otros sistemas multipunto basados en hardware.

**Palabras clave:** virtualización, videoconferencia, unidad de control multipunto, UNAM, CUDI, RNIE, México.

**Eje temático:** infraestructura y desarrollo de software.

### 1 Introducción

Sin duda alguna, las Redes Nacionales de Investigación y Educación (RNIE) han cambiado la forma de realizar las actividades en las instituciones educativas en todo el mundo. Aunque su actividad principal sea la operación de la red dorsal o *backbone* en un determinado país para conectar redes académicas y con otras RNIE, estas pueden brindar distintos servicios de acuerdo a las necesidades de sus miembros [1]. Uno de estos, es el servicio multipunto de videoconferencia, que es utilizado para interconectar varios puntos terminales entre en una conferencia audiovisual y permite la colaboración entre los asistentes.

Debido a la dispersión geográfica de las instituciones de educación superior (IES) en México, la videoconferencia es una herramienta de uso cotidiano para la realización de diferentes actividades a distancia. Los cursos, seminarios, exámenes de grado difusión de actividades, así como reuniones de trabajo que llevan a cabo académicos, investigadores, y directivos, son realizadas en gran medida a través de la tecnología de la videoconferencia en la red CUDI.

Como lo menciona Fabián Romo [2], hasta hace algunos años los servicios de videoconferencia eran basados en redes de alta capacidad y altos costos, como los enlaces dedicados tipo E1, y en la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, por sus siglas en inglés). Sin embargo, actualmente y debido a las gestiones y actividades que realizan las RNIE, las IES cuentan con enlaces de alta capacidad a un costo relativamente bajo en las que se pueden transmitir diversas aplicaciones, una de ellas es la videoconferencia de alta calidad.

Existen diferentes programas, sistemas y equipos que permiten a los usuarios utilizar recursos de audio y video para comunicaciones interactivas más productivas que una simple llamada o conferencia telefónica. Aunque no es posible interconectar de manera directa cualquier dispositivo o equipo que cuente con una cámara, micrófono y elementos de audio para llevar a cabo una reunión colaborativa, hay tecnologías y aplicaciones que permiten el intercambio de información para comunicarse, ya sea de manera directa o a través de un sistema intermedio que haga una traducción entre diferentes plataformas, lo que se le conoce como *gateway* para permitir la interoperabilidad de sistemas [3]<sup>32</sup>.

¿De qué manera se pueden conectar diferentes sistemas de sala, computadoras, tabletas electrónicas y teléfonos inteligentes en una sola conferencia para lograr reuniones a distancia entre instituciones educativas? El sistema VC-CUDI presentado en este trabajo cuenta con esta característica, conectar sistemas de diferentes plataformas utilizando los principales estándares de la industria de la videoconferencia.

## **2 Antecedentes y evolución de los servicios de videoconferencia en la UNAM y CUDI**

En la Universidad Nacional Autónoma de México, el proyecto de la red de videoconferencia se inició en 1995, y en 1998 se conforma la Red Nacional de Videoconferencia [4] con las instituciones afiliadas en ese momento. Inicialmente, la conectividad entre varias entidades era a través de unidades de control multipunto (MCU, por sus siglas en inglés) basados en el protocolo H.320, que es el estándar para comunicaciones de banda estrecha [5].

Los servicios multipunto eran operados a través del Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia (VNOC, por sus siglas en inglés) de la UNAM. En 2002, la Universidad contaba con conectividad hacia 40 instituciones en México conformando así la Red Nacional de Videoconferencia Educativa (RNVE). En ese mismo año, la UNAM, a través de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) en ese entonces, hace una propuesta para administrar el Centro de Operaciones de la Red de Videoconferencia CUDI utilizando los recursos tecnológicos y la experiencia del personal del VNOC de la UNAM, solicitud que fue aceptada, estableciendo de esta manera el VNOC CUDI operado por el VNOC de la UNAM.

---

<sup>32</sup> Con base en *Cisco IP Videoconferencing Solution Reference Network Design Guide*. p. 1-6

Aunque los sistemas y unidades de control multipunto H.320 fueron el soporte tecnológico en los inicios de la Red de Videoconferencia en la UNAM y CUDI, estos ya son obsoletos y no se utilizan en la red. Actualmente el estándar principal para conexiones de videoconferencia es el H.323, que hace referencia a los sistemas de comunicación basados en paquetes [6].

En sus inicios la red de videoconferencia de CUDI tenía como miembros al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guadalajara (UDG), la Universidad de la Américas Puebla (UDLAP) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [7]<sup>33</sup> como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 1.** Ubicación geográfica de las primeras instituciones de la Red de Videoconferencia CUDI. Fuente: elaboración CUDI.

Por 5 años, los servicios de videoconferencia de CUDI fueron soportados por el VNOC de la UNAM en la Ciudad de México. Fue hasta 2007 cuando CUDI adquiere su propio sistema de videoconferencias multipunto conformado por una MCU Tandberg MPS800 de 40 puertos y un Gatekeeper (GK) Tandberg de 25 llamadas concurrentes como los mostrados en la siguiente figura:

<sup>33</sup> Con base en Soledad Ramirez y Cecilia Castañeda (coord), *CUDI Internet Avanzado: Red Nacional de Educación e Investigación - Unión de visiones y vinculación Institucional*, pp. 11 y 12



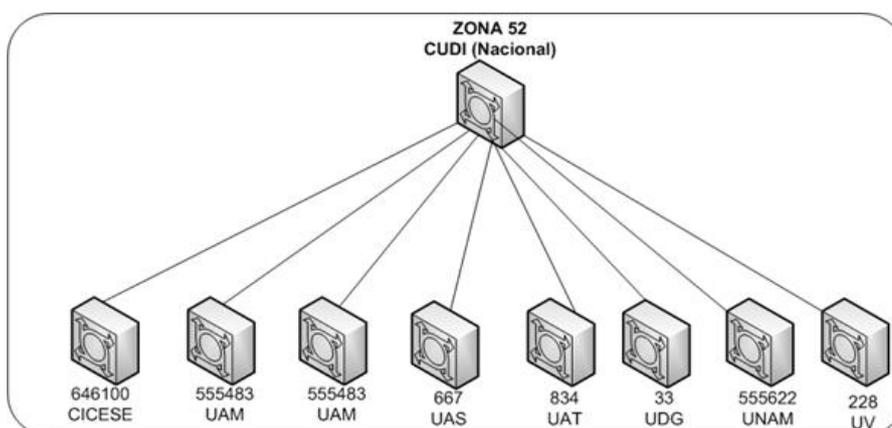
<https://goo.gl/xx8Bqk>

<https://goo.gl/GF10pS>

**Fig. 2.** Primer MCU y Gatekeeper de CUDI. Fuente: Tandberg.

Estos sistemas fueron instalados en el nodo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el norte de México y operados en la Ciudad de México con la infraestructura del VNOc UNAM.

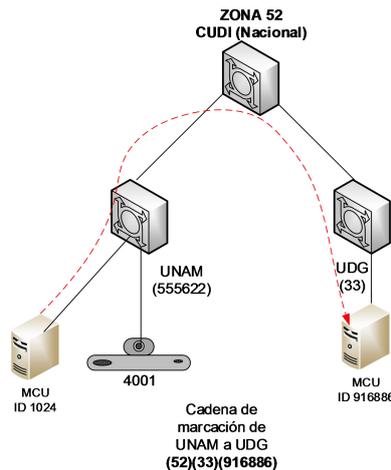
La conectividad entre sistemas era realizada usando direcciones IP. Es decir, un sistema en el punto A que quiere conectarse al punto B, debe de marcar la dirección IP del punto B. Si bien este procedimiento es el más utilizado, se tenía una ventaja al utilizar el GK, que brinda las funciones para crear un plan de marcación en una zona H.323, permite la traducción de direcciones y realiza tareas de control de acceso a los servicios [8]<sup>34</sup>. De esta manera, se utilizó el GK para establecer la zona H.323 con el identificador 52, mismo que funcionó para identificar a la red de videoconferencia de CUDI ante otras redes internacionales, pero principalmente para crear el plan de marcación que daría acceso a las instituciones afiliadas a los servicios multipunto de CUDI como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 3.** Red de videoconferencia de CUDI basado en un plan de marcación. Fuente: elaboración propia.

<sup>34</sup> Con base en Cisco. *Introducción de Gatekeepers para H.323*, [s.p.]

De acuerdo con la figura, el objetivo era que cada institución afiliada a la red CUDI pudiera tener un identificador de zona H.323 basado en su código de larga distancia telefónica y su prefijo de organización en México para registrarse en el gatekeeper de CUDI. De esta forma, una institución pudiera realizar marcaciones tipo E.164 [9] basadas en el *Global Dialing Scheme* (GDS) [10], que simplifican notablemente las marcaciones entre sistemas como se ilustra en la siguiente figura:



**Fig. 4.** Ejemplo de marcación entre MCU's usando gatekeepers en la red H.323. Fuente: elaboración propia.

En el ejemplo de la figura anterior, se puede observar que para marcar del MCU de la UNAM al MCU de la Universidad de Guadalajara (UDG), no se utilizan las direcciones IP, sino solamente una cadena de números muy similar a los utilizados en la red telefónica. En este caso, primeramente, los sistemas terminales deben de registrarse al GK de su institución y este estar registrado en el GK CUDI. De esta forma el terminal de UNAM no necesita marcar una dirección IP sino la cadena 5233916886 para acceder a la sesión del MCU de la UDG identificada como 916886. Con el servicio multipunto de CUDI registrado en el mismo GK, las instituciones tenían 2 opciones, registrar su GK al de CUDI y marcar de forma similar a la del ejemplo de la UDG; o en su caso, sino contaban con un GK propio, registrar su equipo terminal al GK CUDI y simplemente marcar el número de servicio multipunto en el MCU de CUDI.

Adicionalmente, otro de los servicios prestados por el VNOC UNAM para CUDI fue el agendamiento de reuniones. Para esta actividad, se utilizó el sistema de reservaciones Rapla [11] del VNOC UNAM, como el mostrado en la siguiente figura, que simplificó en gran manera la forma de asignar los servicios multipunto de la red CUDI.

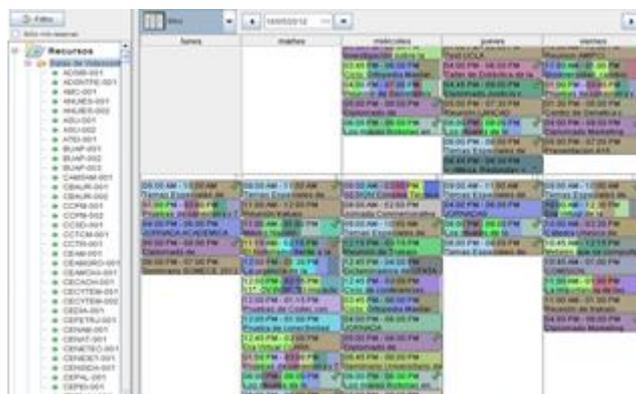


Fig. 5. Sistema de reservaciones del VNOc UNAM y CUDI. Fuente: captura de pantalla del sistema Rapla del VNOc-UNAM

### 3 Proyecto de actualización de infraestructura de videoconferencia

En CUDI existen diversos grupos técnicos y comunidades que buscan el desarrollo de nuevas herramientas y aplicaciones que hagan uso de la Red Nacional de Investigación y Educación en México [12]<sup>35</sup>. El Grupo Técnico de Videoconferencia, conformado por los responsables técnicos de videoconferencia en las instituciones afiliadas a CUDI, tiene como misión realizar actividades que permitan mejorar y aprovechar el uso de las comunicaciones audiovisuales en las actividades académicas y de investigación de las instituciones miembros de CUDI [13]<sup>36</sup>. Una de estas actividades es identificar las necesidades y evaluar las tecnologías que permitan acercar a las instituciones de educación superior (IES) en México a mejores servicios de videoconferencia y colaboración.

Diversos fueron los factores que dieron paso a replantear los servicios de videoconferencia de CUDI. Sin duda, uno de estos fue que los usuarios requerían de nuevas formas de comunicación sin tener que acudir a una sala de videoconferencia que depende de la disponibilidad que se tenga en la institución educativa. Los participantes requerían de conectividad desde su oficina, lugar de trabajo, o espacio en donde tuvieran conexión de datos o internet. Otro factor fue la interoperabilidad con sistemas de sala y nuevas tecnologías emergentes.

Aunque diversas soluciones proponían la modalidad de videoconferencia de escritorio usando computadoras personales o laptops, la mayoría eran ofrecidas en forma de una aplicación descargable o *plug-in*. Sin embargo, y debido a que ya se encontraba disponible la tecnología, se hizo como requerimiento de la aplicación de escritorio a través de una computadora fuera utilizando WebRTC, que permite el uso aplicaciones con comunicaciones en tiempo real (RTC, por sus siglas en inglés), por

<sup>35</sup> Con base en *Acerca de CUDI*, [www.cudi.mx](http://www.cudi.mx), [s.p.]

<sup>36</sup> Con base en *Menú de Misión*, <http://www.cudi.edu.mx/videoconferencia/index.html>, [s.p.]

ejemplo audio y video, en navegadores de internet [14]; conectividad con dispositivos móviles y los sistemas de videoconferencia de sala (H.323).

Para la evaluación de sistemas participaron los fabricantes Acano, Cisco, Pexip Infinity, y Polycom. Durante esta actividad colaboraron las instituciones miembros de Grupo de Videoconferencia de CUDI: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad de Colima (UCOL) la Universidad Veracruzana (UV), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guadalajara (UDG), y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Al final de estas pruebas, Pexip Infinity resultó seleccionado en términos de costo-beneficio, y funcionalidades del sistema.

### 3.1 Multipunto basado en hardware vs basado en software

Las soluciones que se ofertaron para la actualización de la infraestructura fueron de dos tipos: sistemas con tarjetas procesadoras de audio y video, y las instaladas en una plataforma de servidor o virtualizada.

Para el segundo caso, de acuerdo a *VMware* [15] la virtualización “es el proceso de crear una representación basada en software (o virtual), en lugar de una física”, por lo que parte importante en este caso es saber el tipo de características que debe de tener el servidor para poder manejar eficientemente la codificación de señales de audio, video, y señalización. Para lo anterior, se requiere también de un sistema llamado *hypervisor* que permita crear y administrar el entorno virtualizado. Sin embargo, hasta hace unos años, en la Red UNAM y CUDI no se visualizaba un servicio de videoconferencia en software debido a que no se contaba con la experiencia en estos sistemas para H.323, por lo que se ponía en duda si un sistema MCU virtualizado podría tener la capacidad de codificar señales de video en alta definición.

EL MCU basado en hardware emplea procesadores de señales digitales (DSP, por sus siglas en ingles) que utilizan los MCU basados en hardware cuya funcionalidad primaria es decodificar los flujos de señal de audio y video entrantes, componer una sola señal o *stream* para cada terminal participante y finalmente volver a codificarla antes de enviarla. Esto requiere de una gran cantidad de poder de procesamiento. Un MCU basado en software elimina la necesidad de uso de los DSP y puede funcionar en servidores virtualizados en nubes públicas o privadas [16].



<https://goo.gl/rx9eRF>



<https://www.pexip.com/blog>

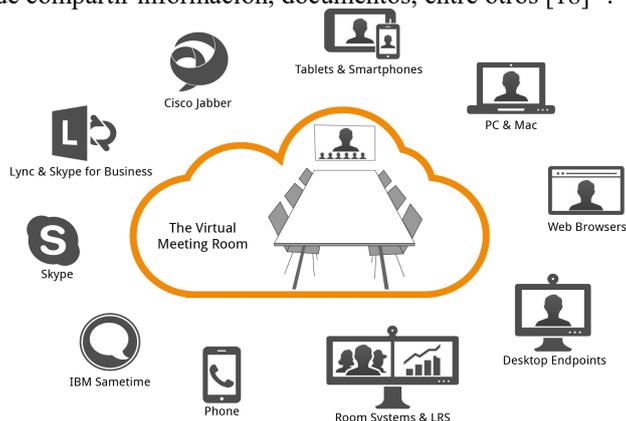
**Fig. 6.** MCU Polycom RMX (hardware) y sistema *Pexip Infinity* (virtualizado). Fuente: *Polycom* y *Pexip Infinity*.

En la evaluación del sistema *Pexip Infinity* se realizaron diversas pruebas de concepto en servidores locales la Dirección de Cómputo y de Tecnologías de Información y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM. En general, se instaló la plataforma en uno de los servidores del Centro de Datos de la UNAM, se llevaron a cabo marcaciones desde el servicio multipunto y desde las terminales (H.323, computadoras, y dispositivos móviles) en diferentes ambientes de red, y se hicieron transferencias de contenido entre equipos. Al final se revisaron los registros de los servidores con el objetivo de evaluar su rendimiento en términos de uso del procesamiento, uso de memoria RAM, y calidad de las señales entre terminales de videoconferencia.

Sin duda estas fueron pruebas muy importantes en la elección de esta tecnología. El segundo factor en la elección fue el costo, que aproximadamente era de 3 a 1 entre la solución basada en software versus la solución basada en hardware. Aunque también se observó que no se cuenta en *Pexip Infinity* con varias funcionalidades que un MCU tradicional basado en hardware tiene en apoyo a la operación y administración de los servicios.

### 3.2 Cambio de paradigma: sesiones H.323 vs salas virtuales de VC-CUDI

Mientras que la forma de conectividad que se utilizó en los servicios de videoconferencia de CUDI fue el de asignación de sesiones basadas en número de 4 dígitos para acceso a servicios multipunto H.323, con el nuevo sistema, al que se le denominó VC-CUDI para identificarlo en la RNEI, se dio un giro a esta modalidad. Se introduce el modelo de salas virtuales de reuniones (VMR, por sus siglas en inglés). Una sala virtual, de acuerdo con el fabricante, es muy similar a una sala de reuniones física. Los participantes saben dónde está, tiene un nombre y algunas herramientas de colaboración como el envío de mensajes (*chat*). Cuenta también con una pantalla donde se puede compartir información, documentos, entre otros [18]<sup>37</sup>.



**Fig. 7.** Sala virtual de reuniones (VMR). Fuente: *Pexip Infinity* [18].

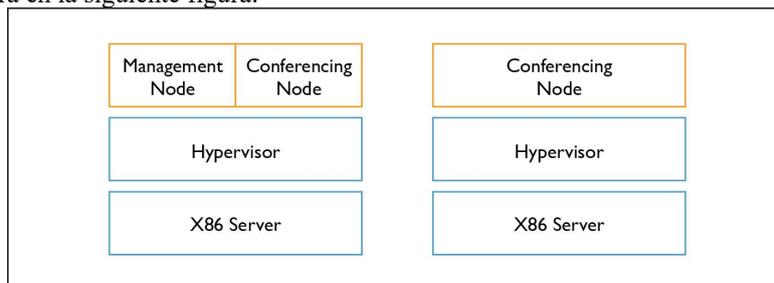
<sup>37</sup> Con base en *What is a Virtual Meeting Room, how you can benefit from having one?*, [www.pexip.com](http://www.pexip.com)

Como se observa en la figura, VC-CUDI tiene la característica de comunicar diferentes sistemas en una sala virtual. Aunque el servicio principal es para salas H.323, se ha utilizado más *WebRTC*. De esta manera se integran a usuarios que no cuenten con una sala y equipo de videoconferencia usando sus capacidades de conectar a equipos personales como laptops, equipo de escritorio, tabletas electrónicas, y teléfonos inteligentes.

El sistema VC-CUDI permite conexiones H.323, SIP, WebRTC, RTMP (*streaming*), y *Microsoft Link / Skype for Business*; tiene soporte para los principales estándares de audio, video y contenido en la industria de la videoconferencia. Acepta conexiones desde 8 Kbps para llamadas en modo audio y hasta 6 Mbps por participante de video; las resoluciones de video son desde QCIF (*Quarter Common Intermediate Format*) y hasta Full HD 1080p (1920x1080). En la parte de seguridad, maneja administración para certificados SSL (*Secure Socket Layer*), uso de TLS (*Transport Layer Security*) así como soporte para firewall *traversal* [18]<sup>38</sup>. Con lo anterior, se establece el objetivo de VC-CUDI que es proporcionar a sus miembros medios de comunicación y colaboración, móviles, flexibles y seguras.

#### 4 Generalidades en la implementación del sistema VC-CUDI

En la fase de implementación, fue importante entender el funcionamiento central de *Pexip Infinity* para que el integrador y el fabricante apoyará en la identificación de requerimientos finales en la instalación. Tres son sus principales características, 1) es un sistema basado en software, 2) funciona en una plataforma virtualizada para voz, video y datos, 3) permite llamadas en modo *gateway*<sup>39</sup>. Su arquitectura básica consiste en dos diferentes máquinas virtuales (VM, por sus siglas en inglés): una para el nodo de administración (MN, por sus siglas en inglés) y otra para el nodo de conferencia (CN, por sus siglas en inglés). Estas VM se instalan en un *hypervisor* como VMWARE ESXi<sup>40</sup>. Ambas VM pueden estar montadas en un solo servidor como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 8.** El *Management Node* y el *Conference Node* de Pexip configurados en máquinas virtuales de servidores X86. Fuente: *Pexip Infinity* [18]

<sup>38</sup> Con base en *Pexip Infinity version 14.1 features and specifications*, [www.pexip.com](http://www.pexip.com) [s.p.]

<sup>39</sup> Con base en *The Pexip distributed architecture*, [www.pexip.com](http://www.pexip.com) [s.p.]

<sup>40</sup> Nombre del *hypervisor* desarrollado por la empresa *VMware*, [www.vmware.com](http://www.vmware.com) [s.p.]

En la figura anterior se representan 2 servidores: el primero tiene configurado dos VM, una con el MN y un CN; en el segundo servidor se tiene una sola VM para un CN. En general, el nodo de administración lo utiliza el sistema para crear y administrar los nodos de conferencia. El nodo de conferencia es donde se realizan las conexiones de los diferentes sistemas participantes. Esta es la configuración mínima que se puede tener en *Pexip Infinity*. Un servidor puede alojar hasta 2 VM dependiendo de sus capacidades de hardware. Una implementación de este sistema, puede tener uno o varios nodos de conferencia. Debido a esta característica, se planeó en un sistema distribuido de VC-CUDI con la finalidad de contar con respaldos de los servicios en caso de algún incidente y diversificar el uso del ancho de banda en la RNIE.

Las universidades participantes en esta primera etapa fueron la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), la Universidad de Guadalajara (UDG), y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) quienes proporcionaron parte de su infraestructura de telecomunicaciones para lograr que el proyecto VC-CUDI se pusiera en marcha. El convenio que CUDI propuso fue que las instituciones que pudieran proporcionar además en préstamo un servidor para la instalación de un nodo de conferencia, a cambio podrían obtener el cincuenta por ciento de los recursos en ese equipo para uso institucional de acuerdo a sus necesidades.

Por otra parte, el termino virtualización sugiere que las máquinas virtuales y las aplicaciones que contengan pueden ser instaladas en cualquier hardware, esto no sucede así en realidad en el caso de *Pexip Infinity*. Se requieren de características específicas para que la solución funcione adecuadamente. La documentación oficial de *Pexip Infinity* describe una serie de recomendaciones en su página del diseño del server [18]<sup>41</sup>. Para el caso de los nodos que se instalaron en la UNAM, las especificaciones de los servidores fueron las siguientes:

**Tabla 1.** Especificación de los servidores para MN y CN.

Servidor para MN y CN	Servidor para 2 CN
<p>Marca: Cisco Modelo: UCSC-C220-M4S Procesador: Intel XEON 2.X GHz-2600 12C/30 MB Caches Memoria: 32 GB Disco duro: 1 TB</p>  <p>Imagen de: <a href="https://goo.gl/109UWJ">https://goo.gl/109UWJ</a></p>	<p>Marca IBM Modelo System x3550 M4 Procesador: CPU E5 2670 x 2 Memoria RAM: 196 GB Disco duro: 1 TB</p>  <p>Imagen de: <a href="https://goo.gl/BCggpo">https://goo.gl/BCggpo</a></p>

<sup>41</sup> Información disponible en *Infinity Server Design Guide*, [www.pexip.com](http://www.pexip.com) [s.p.]

Por la colaboración de la UNAM y CUDI, se decidió apoyar a este proyecto brindando la infraestructura de telecomunicaciones para instalar un servidor para el nodo de administración propiedad de CUDI y aportar un segundo servidor para un nodo de conferencias propiedad de la UNAM. En el caso de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), se propuso aportar un servidor y su infraestructura para un nodo de conferencias. Adicionalmente, uno de los nodos de conferencia fue instalado en KIO Networks [19], un centro de datos que ofrece servicios de hospedaje de servidores en México.

#### 4.1 Configuraciones de red

Los requerimientos principales para configuración de red de los servidores y máquinas virtuales son los siguientes:

**Tabla 2.** Requerimientos de red en los servidores para el Nodo de Administración y los nodos de Conferencia.

<b>Servidor para MN y CN</b>	<b>Servidor para 2 CN</b>
3 direcciones IP: 1 para el servidor principal 1 para la VM del MN 1 para la VM del CN Nombre del servidor o <i>hostname</i> para cada VM 2 direcciones IP de servidores DNS 2 direcciones IP de servidores NTP	3 direcciones IP: 1 para el servidor principal 1 para la VM del CN-1 1 para la VM del CN-2 Nombre del servidor o <i>hostname</i> para cada VM 2 direcciones IP de servidores DNS 2 direcciones IP de servidores NTP

#### 4.2 Registro en DNS de los dominios de VC -CUDI

Paralelamente, se solicitó al Centro de Información de la Red de la UNAM (NIC-UNAM), responsable de la administración de dominios de CUDI, el registro en el *Domain Name System* (DNS) para el acceso a los servicios de la siguiente forma:

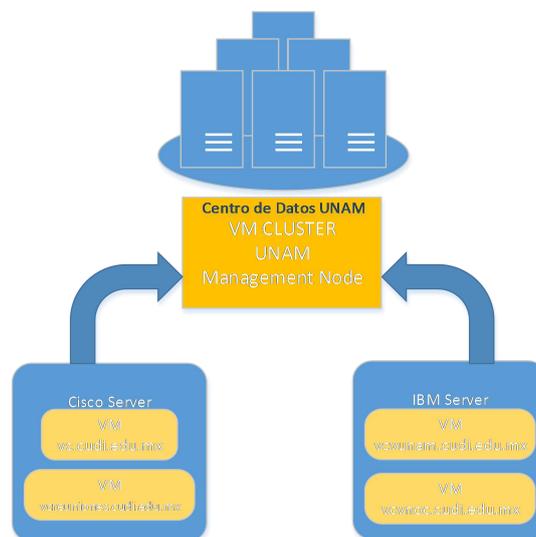
**Tabla 3.** Configuración de dominios de VC-CUDI en el DNS

<b>Nodo geográfico</b>	<b>Dominios registrados</b>
UNAM-1 (Ciudad de México)	vc.cudi.edu.mx vcreuniones.cudi.edu.mx
UNAM-2 (Ciudad de México)	vcunam.cudi.edu.mx vcvnoc.cudi.edu.mx
BUAP (Puebla)	vcbuap.cudi.edu.mx vccentro.cudi.edu.mx
KIO (Ciudad de México)	vcdiasvirtuales.cudi.edu.mx vccursos.cudi.edu.mx

De la tabla anterior, el usuario que desee ingresar a una sala virtual de VC-CUDI, lo podrá realizar desde cualquiera de los servicios registrados en DNS si es que lo hace por WebRTC/Lync/Skype for Business/SIP, o si es por H.323 a cualquiera de las direcciones IP de las máquinas virtuales donde reside el servicio de nodo de conferencia. Con estas características es posible que si un usuario no puede acceder a un nodo de conferencia desde cualquier terminal, intente en otro nodo, con otro URI u otra dirección IP pero usando el identificador asignado a la sala virtual. De esta forma se puede acceder a una reunión usando cualquiera de los nodos disponibles en la red de VC-CUDI.

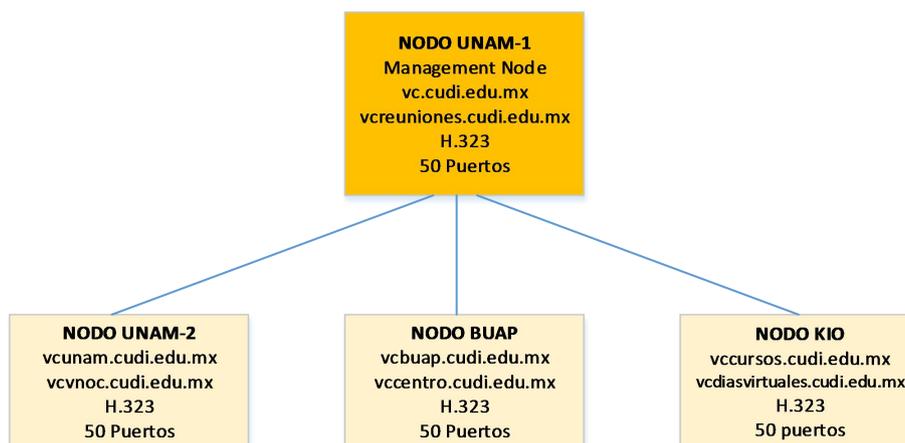
### 4.3 Optimización del Nodo de Administración de VC-CUDI

El punto medular de VC-CUDI es el nodo de administración (MN), de tal forma que si este presenta una falla o caída de red, los nodos de conferencia estarían disponibles por un tiempo limitado de aproximadamente 24 horas de acuerdo a la especificación de PEXIP y posteriormente cualquier nodo de conferencia, aunque este en el mismo segmento de red, estaría inalcanzable desde las terminales. Por lo anterior, con el apoyo del Centro de Datos de la UNAM, se instaló el MN en una de las plataformas de alta disponibilidad (HA, por sus siglas en inglés) con los que cuenta el Centro con redundancia en toda su infraestructura de red, energía, y hardware. De tal forma que la instalación final esta como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 9.** Nodo de administración instalado en una plataforma de alta disponibilidad. Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior se aseguró que el nodo de administración estuviera con un alto grado de disponibilidad superando a la implementación en servidores físicos. La solución distribuida geográficamente se configuro de la siguiente forma:



**Fig. 10.** Configuración de VC-CUDI distribuido geográficamente. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4 Criterios de identificación de servicios de videoconferencia

Con la experiencia de los números cortos o de 4 números en el anterior sistema de videoconferencia multipunto, se planearon series de dígitos para identificar y clasificar las salas virtuales de acuerdo a las funciones y miembros de CUDI [12]<sup>42</sup>:

**Tabla 4.** Plan de numeración para servicios de VC-CUDI

Serie	Asignación
0001 – 0999	Staff de CUDI
1001 – 1999	Comités de CUDI
2001 – 2999	Comunidades de CUDI
3001 – 3999	Grupos Técnicos de CUDI
4001 – 4999	Miembros de CUDI
<b>Subdivisiones de los miembros de CUDI</b>	
4101 – 4099	Asociados Académicos - Universidades
4101 - 4119	Asociados Académicos - Centros Conacyt
4201 – 4299	Asociados Académicos - Centros Tecnológicos
4301 – 4399	Asociados Académicos Universidades Politécnicas

<sup>42</sup> Con base en *Miembros de CUDI*, [www.cudi.mx](http://www.cudi.mx) [s.p.]

La numeración mostrada en la tabla es importante tanto para la creación de una sala virtual, como para el acceso a los servicios. Uno de los requisitos para configurarla en el sistema es indicar un alias numérico, mismo que durante la conexión de un terminal a una la sesión es uno de los identificadores para el acceso de los participantes remotos a una reunión virtual.

## 5 Operación básica de VC-CUDI

En la actualidad, la red de instituciones de afiliadas a CUDI se compone de 18 asociados académicos, 28 Centros CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), 92 institutos tecnológicos, 40 universidades tecnológicas, 71 afiliados académicos y 5 afiliados institucionales [12]<sup>43</sup>. La red de videoconferencia paso de 8 sedes en 2002 a cerca de 250 sedes de las instituciones miembros de la RNIE como se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 11.** Mapa actualizado de los miembros de la Red CUDI. Fuente: elaboración CUDI.

De acuerdo con el tipo de membresía de CUDI, se da prioridad a los miembros que son asociados académicos, y el resto puede tener el servicio de VC-CUDI de distinta forma. En este sentido, se consideró tener dos tipos de servicio: sala virtual dedicada y sala virtual bajo demanda que consisten en lo siguiente:

<sup>43</sup> *Idem*

**Tabla 5.** Consideraciones para asignación de salas virtuales

Sala virtual dedicada	Sala virtual bajo demanda
Se asigna una sala virtual por institución miembro de CUDI. Tiene un nombre que identifica a la institución. Ej. UDG Es completamente administrada por el responsable técnico de la institución.	Es una sala propiedad de CUDI Tiene un nombre genérico consecutivo. Ej. Sala 01 Se asigna mediante solicitud de una institución.

### 5.1 Creación de una sala virtual en VC-CUDI

Para configurar una sala virtual, el administrador debe tener presente las siguientes consideraciones:

- Nombre de la sala para referencia a los usuarios
- Definir si se requiere un número (PIN) de acceso
- Definir si se permiten usuarios invitados, o solamente tiene acceso los usuarios los que ingresen un PIN
- Tipo de *layout* que los usuarios ven (distribución de ventanas en la conferencia)
- Alias de acceso a la sala que pueden ser:
  - Numérico para H.323
  - Alfanumérico para WebRTC
  - URI para acceso desde tabletas y teléfonos inteligentes
  - URI para acceso desde Lync / Skype for Business

Con los alias de acceso, el administrador indica al usuario de la sala virtual cuál es el método de acceso a la misma. Esto dependerá del tipo de dispositivo que tenga para entrar a la reunión virtual. El siguiente ejemplo muestra la configuración de una sala virtual:

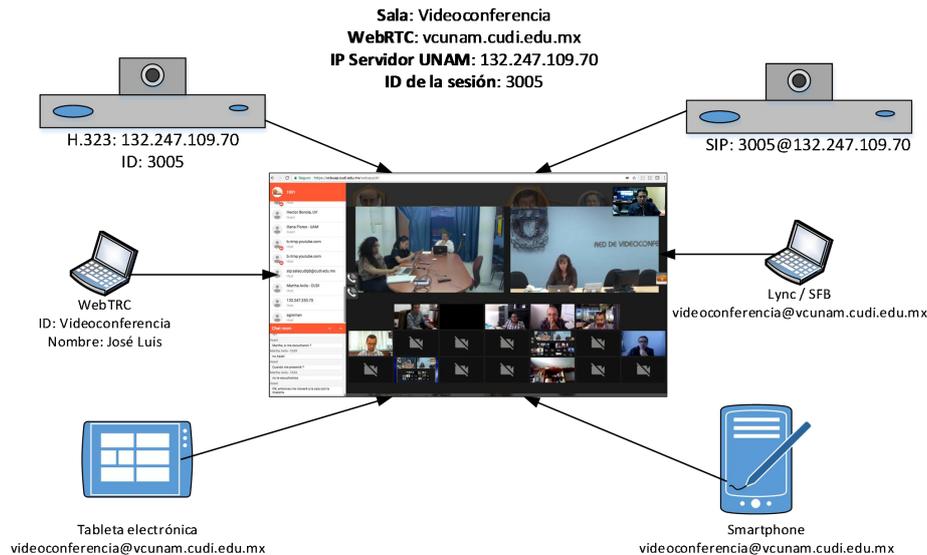
- Nombre de la sala: Videoconferencia
- PIN de acceso: 436576
- Usuarios invitados: requerido
- *Layout*: 1 + 7
- Aliases:
  - Numérico H.323: 3005
  - WebRTC: videoconferencia
  - URI dispositivos móviles: videoconferencia@vcunam.cudi.edu.mx
  - URI Lync / Skype for Business: videoconferencia@vcunam.cudi.edu.mx

El usuario final cuenta con guías e infografías de conexión al servicio multipunto que CUDI ha puesto a su disposición desde su página web<sup>44</sup>.

Adicionalmente, la capacitación para el uso de VC-CUDI permitió a los usuarios adoptar esta tecnología rápidamente. Para lo anterior, se realizaron talleres virtuales

<sup>44</sup> Mayor información en *Videoconferencia CUDI | VC-CUDI*, <http://www.cudi.edu.mx/content/vc-cudi>

dirigidos a los usuarios de salas en conjunto con la empresa responsable de la implementación. Las reuniones se hicieron mediante VC-CUDI y estuvieron presentes 9 responsables de instituciones asociadas académicas, 4 coordinadores de grupos técnicos y 7 coordinadores de comunidades CUDI. La siguiente figura muestra los principales tipos de conexión a una sala virtual:



**Fig. 12.** Sala virtual con diferentes accesos. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura, el usuario tiene diferentes formas de acceso a una sala virtual dependiendo de la terminal que tenga disponible. No solo se puede conectar a través de un servidor o nodo de conferencia, sino que lo puede hacer desde cualquier otro nodo en la red VC-CUDI empleando el ID de la sesión o nombre de la sala virtual.

Otra funcionalidad VC-CUDI es el envío de una sesión a streaming de *YouTube*. Este es una facilidad que permite a las instituciones grabar y enviar a la plataforma de *YouTube* una sesión en vivo. Para lo anterior se requiere que el usuario tenga registrada una cuenta en el portal de *YouTube* y una sala virtual de VC-CUDI. Básicamente, se configura un canal de *YouTube* desde su portal, el usuario copia el URL que se genera automáticamente y en VC-CUDI agrega una conexión como lo haría para agregar a otro participante en la sesión seleccionando el protocolo RTMP (*Real Time Messaging Protocol*)<sup>45</sup>. En este campo escribe la cadena que previamente copio del portal de *YouTube*, y una vez que da clic en el enlace, la conexión hacia el canal de *YouTube* se inicia.

<sup>45</sup> Es un protocolo diseñado para multiplexar y empaquetar señales multimedia. Fuente: <http://www.adobe.com/devnet/rtmp.html>



**Fig. 13.** Transmisión en *YouTube* de una reunión en VC-CUDI. Fuente: canal de *YouTube* de CUDI.

## 6 Resultados y conclusiones

Con una capacidad total de 300 puertos simultáneos y a un año de puesto en marcha VC-CUDI, de acuerdo con los registros del uso del sistema, se han creado 93 salas virtuales y realizado 1,473 sesiones de videoconferencia con más de 14,240 conexiones [12]<sup>46</sup>. Algunos de los eventos más importantes que se han realizado utilizando VC-CUDI han sido: la primer reunión anual de la Red Temática Conacyt y Comunidad CUDI, la Red Latinoamericana de Tecnología Educativa (Red LaTE) en México, en la que participaron países como Colombia, Argentina, Uruguay y Perú. Además de una sesión especial con el Centro de Desarrollo en Telemedicina (TEMDEC por sus siglas en inglés) de la Universidad de *Kyushu*, en Japón<sup>47</sup>; así como sesiones con la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN)<sup>48</sup>.

La implementación de VC-CUDI ha permitido entre otras ventajas:

- incorporar la funcionalidad de WebRTC, que permite a los usuarios de computadoras personales conectarse desde cualquier navegador de Internet que incluya el estándar sin la necesidad de instalación de aplicaciones adicionales;
- descentralizar la carga de ancho de banda que usualmente tiene un

<sup>46</sup> Con base en *Usando VC-CUDI el sistema de videoconferencia de la RNEI Mexicana*, [http://www.cudi.edu.mx/boletin/2016/12\\_boletin\\_diciembre.html](http://www.cudi.edu.mx/boletin/2016/12_boletin_diciembre.html)

<sup>47</sup> Noticia de CUDI disponible en <http://www.cudi.edu.mx/noticia/usando-vc-cudi-el-sistema-de-videoconferencia-de-la-rnei-mexicana>

<sup>48</sup> Sesión inaugural de la "Red de Amigos del CERN" <http://www.cudi.edu.mx/eventos/sesion-inaugural-de-la-red-de-amigos-del-cern>

nodo de video al contar con varios nodos de conferencia donde los usuarios se pueden conectar de diferentes dispositivos;

- agregar funcionalidades a los usuarios, como el uso de chat disponible para los clientes de WebRTC; así como la grabación y *streaming* de video a *YouTube*, inclusive desde otras redes sociales como *Facebook*<sup>49</sup> brindando a los usuarios más posibilidades de transmisión de eventos;
- facilitar la operación de la red de videoconferencia al delegar responsabilidad al usuario que se le asigna una sala virtual dedicada. De esta forma, el administrador de una sala virtual agenda sus eventos de acuerdo a sus necesidades sin tener que solicitar permisos adicionales al VNOC CUDI.

Sin embargo, VC-CUDI ha presentado algunas particularidades que como se comentó al inicio de este trabajo no permiten tener un control total del sistema como se hace en una MCU basada en hardware *on-premise* (en las instalaciones del usuario). Algunos ejemplos son:

- no se cuenta con la diversidad de presentación de ventanas (layouts), *Pexip Infinity* solo incluye 4, otros sistemas cuentan de 10 a 20 variantes, y su manejo en una sala virtual no resulta como generalmente el usuario lo solicita;
- no se tiene una consola de administración completamente gráfica que permita realizar operaciones sobre la sesión o sobre el participante. Por ejemplo bloquear la señal de video, solamente se puede bloquear la del audio. Requiere de poder realizar operaciones de administración vía web. Muchas de las principales operaciones se hacen desde el entorno gráfico de la sala virtual.
- requiere de más capacitación para el administrador en la parte de configuración de máquinas virtuales, respaldos de los servicio a nivel *Pexip Infinity* y a nivel de sistemas operativos, así como en la seguridad de los servidores. En este proyecto colaboran especialistas en centros de datos, que soportan la actividad de monitoreo de la solución y en la realización de los respaldos de las máquinas virtuales en los periodos de tiempo establecido.

Cabe resaltar que el fabricante ha llevado a cabo diversas actualizaciones del sistema *Pexip Infinity* que es visible en la interfaz del usuario y en otras funciones. Cada actualización que se realiza a la plataforma toma muy poco tiempo, posiblemente menos de una hora, y la probabilidad de fallas después de una actualización es muy baja. Sin duda, son puntos importantes en un sistema basado en software. Falta mucho por hacer en VC-CUDI, sin embargo es una buena opción para brindar servicios multipunto y multiplataforma de bajo costo en una red nacional.

## Agradecimientos

---

<sup>49</sup> Para más información ver *Manual de Transmisión YouTube*  
[http://www.cudi.edu.mx/sites/default/files/CUDI/images/vc-cudi/manual\\_youtube\\_streaming.pdf](http://www.cudi.edu.mx/sites/default/files/CUDI/images/vc-cudi/manual_youtube_streaming.pdf)

El autor desea expresar su agradecimiento a las autoridades, colegas, y personalidades de las siguientes instituciones por las facilidades otorgadas y su participación en el desarrollo del proyecto VC-CUDI:

- Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad Nacional Autónoma de México
  - o Dr. Felipe Bracho Carpizo - Director
  - o Dirección de Telecomunicaciones
    - M. en C. Ma. de Lourdes Velázquez Pastrana
    - Ing. Roberto Rodríguez Hernández
    - Ing. Norberto Montalvo García
    - Ing. Arturo González Román
  - o Dirección de Sistemas y Servicios Institucionales
    - Act. Fabián Romo Zamudio
    - Ing. Pedro Bautista
    - Ing. Oscar Luna
    - Mtra. Karla Erazo
    - Lic. Guillermo Vázquez
- Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet
  - o Lic. Carlos Casasús
  - o M. en C. Salma Jalife
  - o Lic. Eduardo Romero
  - o Lic. Martha Avila
  - o Ing. Silvia Chávez
  - o Lic. Daniel Aranda
- Multimedia S.A. de C.V.
  - o Ing. Teodoro Lopez

## Referencias

1. GEANT Association. The Case for NRENs. National Research and Education Networks, [http://www.caseforrens.org/Resources\\_and\\_Tools/Document\\_Library/Documents/What%20is%20an%20NREN.pdf](http://www.caseforrens.org/Resources_and_Tools/Document_Library/Documents/What%20is%20an%20NREN.pdf)
2. Revista Digital Universitaria. Tecnologías audiovisuales en la educación. [http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art71/nov\\_art71.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art71/nov_art71.pdf)
3. Cisco. Cisco IP Videoconferencing Solution Reference Network Design Guide, [http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/borderless-networks/ip-videoconferencing-solution/net\\_design\\_guidance09186a00800d67f6.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/borderless-networks/ip-videoconferencing-solution/net_design_guidance09186a00800d67f6.pdf)
4. Revista Digital Universitaria. Currículo de Fabián Romo Zamudio. <http://www.revista.unam.mx/vol.5/num10/art71/curriculum.htm>
5. ITU. H.320. <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.320/es>
6. ITU. H.323. <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.323/es>

7. Ramirez, S. & Castañeda, C. (coord): CUDI Internet Avanzado: Red Nacional de Educación e Investigación - Unión de visiones y vinculación Institucional. México, Crown Quarto (2013)
  8. Cisco. Introducción de Gatekeepers para H.323, [http://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html](http://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/voice/h323/5244-understand-gatekeepers.html)
  9. ITU-E.164, <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.164-201011-I/es>
  10. Global Dialing Scheme [https://www.revolvy.com/topic/Global%20Dialing%20Scheme&item\\_type=topic](https://www.revolvy.com/topic/Global%20Dialing%20Scheme&item_type=topic)
  11. Rodríguez Valdez, José Luis. "Rapla: Sistema de planificación de recursos implementado en una red de videoconferencia." (2014)., <http://documentas.redclara.net/handle/10786/735>
  12. Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet A.C. <http://www.cudi.mx>
  13. Grupo Técnico de Videoconferencia <http://www.cudi.edu.mx/videoconferencia/index.html>
  14. WebRTC <https://webrtc.org/>
  15. Virtualización, <http://www.vmware.com/latam/solutions/virtualization.html>
  16. Software MCU comparison - What does the market offer? <http://www.telepresence24.com/2013/07/11/software-mcu-comparison/>
  17. ¿Qué es el VNOC?, <http://repositorio.cudi.edu.mx/handle/11305/387>
  18. Pexip Inifinity, <https://www.pexip.com>
- KIO Networks <https://kionetworks.com>

## Arquitectura de Software basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web

Daniel López, Edgar Mayab

a Asamblea Nacional del Ecuador, Coordinación General de Tecnologías de la Información y  
Comunicación, Piedrahita 5-21 y Av. Gran Colombia, Pichincha, Ecuador  
daniel.lopez@asambleanacional.gob.ec

b Universidad Técnica del Norte, Instituto de Posgrados, Av. 17 de Julio 5-21 Gral. José María  
Cordova, Imbabura, Ecuador  
eamaya@utn.edu.ec

**Resumen.** Actualmente, el proceso de desarrollo de software que realiza la Coordinación General de Tecnologías de la Información y Comunicación (CGTIC) de la Asamblea Nacional del Ecuador (ANE) constituye el empleo de una arquitectura de software tradicional o monolítica que ha sido adoptada del lenguaje de programación utilizado, la plataforma o de la experiencia del personal del área de desarrollo; por el aspecto monolítico, este tipo de aplicaciones empaquetan toda la funcionalidad en una sola y gran unidad ejecutable (un solo archivo o aplicación), lo que ha provocado dificultades en aspectos como mantenimiento, escalabilidad y entregas. El objetivo del presente estudio fue identificar las tecnologías, metodología y arquitectura que utiliza la CGTIC para el desarrollo de aplicaciones web y la correspondiente identificación de las tecnologías existentes para el desarrollo e implementación de microservicios, utilizando como base de la investigación un enfoque cualitativo, con un tipo de investigación descriptiva y diseño documental. Se empleó la técnica de grupo focal aplicado a los funcionarios del área de desarrollo de software de la CGTIC, revisión bibliográfica de arquitectura de microservicios. Como avance de la investigación, el análisis ha permitido identificar el estado del arte respecto a microservicios y su implementación así como la identificación de los requisitos y necesidades relativos al desarrollo de aplicaciones web y como satisfacerlas mediante el diseño de una arquitectura de software.

**Palabras Clave:** Microservicios, arquitectura de software, aplicaciones web.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software.

### 1 Introducción

En la actualidad, a nivel empresarial y tanto en el sector privado como público se realiza desarrollo de software para suplir las necesidades de automatización de procesos internos, este desarrollo ha seguido las tendencias impuestas por la plataforma, lenguaje de programación o por la experiencia del área de desarrollo, lo cual deviene en la implantación de sistemas de construcción tradicional o monolítico.

El proceso de desarrollo de software que realiza la Coordinación General de Tecnologías de la Información y Comunicación (CGTIC) de la Asamblea Nacional del Ecuador (ANE) constituye el empleo de una arquitectura de software monolítica, misma que ha sido adoptada por el uso de un lenguaje de programación específico

para construcción de aplicaciones web empresariales; por el aspecto monolítico, este tipo de aplicaciones empaquetan toda la funcionalidad en una sola y gran unidad ejecutable (un solo archivo o aplicación), lo que ha provocado dificultades en aspectos como mantenimiento, escalabilidad y entregas [1]

### **1.1 Problema**

El presente trabajo de investigación, parte de un análisis de la problemática existente con el desarrollo de aplicaciones web de la CGTIC, dicho desarrollo hace uso de una arquitectura monolítica la cual incide en diferentes aspectos tanto tecnológicos y administrativos. Las incidencias más evidentes se pueden observar al aplicar procesos de mantenimiento en sistemas complejos, sea por una petición de cambio, nueva funcionalidad o corrección de un fallo, en los cuales, la resolución de un problema o cambio simple implica el redespigie de toda la aplicación debido a que se tiene todas las funcionalidades en un único paquete incrementando los riesgos de fallos. De igual forma, por el tiempo que toma la implementación de un cambio o nueva funcionalidad, se presenta resistencia al cambio en el usuario final, y en consecuencia las actualizaciones son menos frecuentes porque requieren de un mayor esfuerzo y coordinación de los grupos de desarrollo y la realización de pruebas más extensas.

En aspectos de calidad, surgen complicaciones en la escalabilidad ya que puede requerirse escalar un módulo específico, pero, por el aspecto monolítico es necesario escalar la aplicación en su totalidad. De igual manera sucede con la resiliencia, al ocurrir un fallo por caída o sobrecarga en una parte de la aplicación, se pierden todas sus funcionalidades; si bien este último aspecto puede ser subsanado mediante replicación o clusters, también incrementa las dificultades de coordinación, configuración y eleva los costos de equipamiento y esfuerzo.

Otra problemática a resaltar, es la incidencia que produce el mantenimiento aplicaciones en el normal desenvolvimiento de las actividades de los usuarios; en este sentido, una de las áreas más críticas es el Plenario de la ANE, el cual hace uso de software para registrar las votaciones de los legisladores en la creación o reforma de leyes de afectación nacional, por lo que resulta difícil cambiar, agregar o actualizarlo. Adicionalmente, algunos de los sistemas se encuentran impedidos de actualización que es de vital importancia por su nivel de criticidad y afectación, esto se debe una vez más por estar construida bajo el esquema monolítico.

Por los aspectos descritos se concluye que existe la necesidad de definir una nueva arquitectura de software con un enfoque de vanguardia que facilite el desarrollo de nuevas aplicaciones para las diferentes unidades organizacionales de la ANE. Bajo esta nueva perspectiva, se pretende obtener arquitectura de software flexible que permita el mantenimiento de las aplicaciones evitando la interrupción de actividades del personal que las usa.

## **2 Antecedentes**

En la Universidad de Aarhus de Dinamarca [2], evalúa diferentes tácticas de disponibilidad y mantenibilidad en la construcción de un prototipo con arquitectura de

microservicios, en el proceso, concluye con una revisión de las características de los microservicios enunciadas por Fowler y Lewis [3] en cuatro criterios principales que definen a un microservicio:

**Enfoque en las capacidades de negocio.** El proceso de desarrollo de software se vuelve más flexible bajo el enfoque de microservicios, cada microservicio está compuesto por su propia lógica de negocios, interfaz de usuario, base de datos y funcionalidad de comunicación con otros servicios, por lo tanto, en el equipo de desarrollo que cada miembro necesita experiencia en desarrollo de backend, frontend, y bases de datos, permitiéndoles agregar nuevas características rápidamente sin arriesgar la estabilidad y el funcionamiento de todo el sistema.

**Independencia de los servicios autónomos.** Cada servicio contiene su propia lógica de negocio y se despliega por separado. Esto hace posible cambiar y extender gradualmente con nuevas características sin afectar el resto del sistema. La propiedad autónoma permite la flexibilidad en la selección de la tecnología más adecuada para un servicio específico.

**Gestión descentralizada de datos.** Todos los servicios tienen su propia base de datos en esquemas pequeños y simples, que se ven por separado. Los datos están desacoplados, lo que requiere mucha gestión y pruebas para garantizar que un sistema nunca actualice o elimine los datos en un servicio sin actualizar o eliminar los datos correspondientes en otros servicios que contienen los mismos datos o conjunto de referencias.

**Tolerancia a fallos.** Los sistemas de microservicio consisten en múltiples unidades pequeñas que pueden fallar; Estas unidades están ligeramente acopladas y pueden ser restauradas automáticamente. lo que resulta en un sistema más estable y robusto.

Por su parte Borčín [4] en su trabajo de investigación, realiza un análisis de los atributos de calidad de la arquitectura de microservicios profundizando en los retos de su implementación:

**Interfaces y comunicación.** Cada microservicio debe exponer alguna interfase, para algunas tecnologías no equipadas con una especificación, esto puede representar serios problemas incluso REST que es utilizado en la arquitectura de microservicio para la comunicación no tiene una interfaz bien definida.

**Transacciones y bloqueos.** Se necesita un conjunto completamente nuevo de operaciones para una transacción que comprueba la comunicación de microservicios. se debe asegurar de que ningún microservicio utilice flujos cerrados o recursos bloqueados y que no modifique los datos que otros servicios están utilizando. Estos bloqueos podrían provocar la suspensión de todo el sistema.

**Programación coreográfica.** El paradigma de programación coreográfica puede ayudar en la creación de sistemas libres de bloqueos, sin errores de comunicación. La programación coreográfica puede llegar a ser más importante con el desarrollo ulterior de la arquitectura del microservicio, ya que proporcionan un terreno sólido para una formalización de la comunicación.

**Puntos de entrada.** La seguridad es un problema importante cuando se trata de la arquitectura de microservicios y los sistemas distribuidos en general. En aplicaciones monolíticas se puede asegurar fácilmente la seguridad de toda la aplicación, ya que toda la comunicación pasa a través de los puntos de entrada que posee cada módulo que lo compone. En contraste, en microservicios, garantizar la seguridad se vuelve mucho más difícil. Toda la aplicación se compone de un microservicio independiente (lenguaje y máquina) que expone sus interfaces y el núcleo de la aplicación para la comunicación exterior, proporcionando nuevos puntos de entrada para los intrusos.

**Red compleja.** Una extensa red de comunicación puede ser fácilmente expuesta a ataques, ya que es difícil administrar cuando la aplicación consta de muchos microservicios y esos servicios envían miles de mensajes. El monitoreo de esta compleja red es también muy difícil.

Concluye que, la arquitectura de microservicios traerá nuevos problemas y desafíos relacionados no sólo con la comunicación y su estructura distribuida. Actualmente sólo se puede decir que los microservicios todavía están en una etapa inicial y aún es desconocido para muchos desarrolladores, pero están ganando mucha atención y un sitio en el mercado, especialmente entre una medianas y pequeñas empresas.

## 2.1 Microservicios

Es un enfoque para el desarrollo de una aplicación única como un conjunto de pequeños servicios, cada uno ejecutándose en su propio proceso y mecanismos ligeros de comunicación, a menudo un recurso de una interfaz de programación de aplicaciones (API) sobre protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP). Estos servicios están contruidos alrededor de las capacidades del negocio y con independencia de despliegue e implementación totalmente automatizada. Existe un mínimo de gestión centralizada de estos servicios, los que pueden estar escritos en lenguajes de programación diferentes y utilizar diferentes tecnologías de almacenamiento de datos [3].

El término microservicios no es relativamente nuevo, este estilo arquitectural fue acuñado por Martin Fowler en un taller de arquitectos de software como una descripción del nuevo campo que los participantes estaban explorando. No existe una definición en concreto para microservicio, sin embargo, una aproximación que la realiza [5] lo define como: “Pequeños servicios autónomos que trabajan juntos”.

Una arquitectura de microservicios promueve el desarrollo y despliegue de aplicaciones compuestas por unidades independientes, autónomas, modulares y auto-contenidas, lo cual difiere de la forma tradicional o monolítico [6].

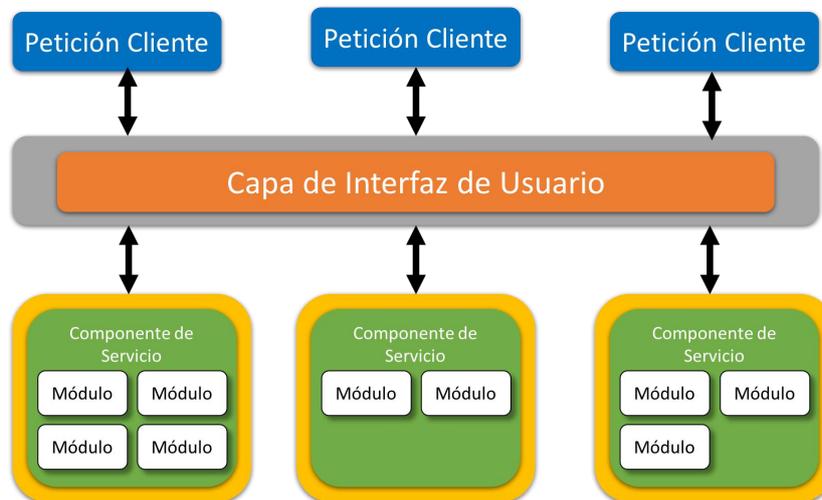


Fig. 1. Patrón básico de arquitectura de Microservicios [7]

Una de las ventajas de utilizar microservicios es la capacidad de publicar una aplicación grande como un conjunto de pequeñas aplicaciones (microservicios) que se pueden desarrollar, desplegar, escalar, manejar y visualizar de forma independiente. Los microservicios permiten a las empresas gestionar las aplicaciones de código base grande usando una metodología más práctica donde las mejoras incrementales son ejecutadas por pequeños equipos en bases de código y despliegues independientes. La agilidad, reducción de costes y la escalabilidad granular, traen algunos retos de los sistemas distribuidos y las prácticas de gestión de los equipos de desarrollo que deben ser considerados. [8]

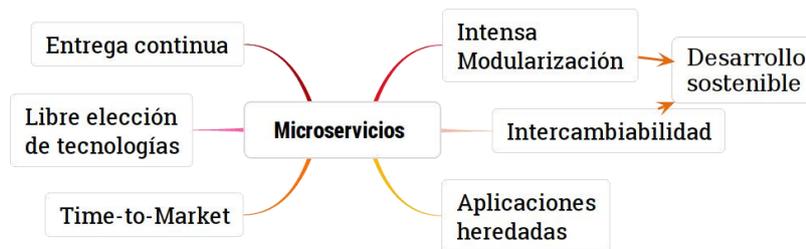


Fig. 1. Beneficios de los microservicios

**Topologías.** Según Richards [7], existen muchas maneras de implementar un patrón de arquitectura de microservicios, pero se destacan tres topologías principales que son las más comunes y populares: basada en API REST (Transferencia de Estado Representacional del inglés Representational State Transfer), basada en aplicaciones REST y la centralizada de mensajería.

- Topología basada en API REST es útil para sitios web que exponen servicios individuales pequeños y autónomos a través de algún tipo de API. Consta de componentes de servicio de grano fino (de ahí el nombre microservicios) que contienen uno o dos módulos que realizan funciones empresariales específicas independientes del resto de los servicios. En esta topología, estos componentes de servicio de grano fino se acceden normalmente mediante una interfaz basada en REST implementada a través de una capa de API basada en la Web desplegada separadamente. Algunos ejemplos de esta topología incluyen algunos de los servicios web REST basados en la nube como los usados por Yahoo, Google y Amazon.
- Topología basada en aplicaciones REST difiere del enfoque basado en API REST en que las solicitudes de cliente se reciben a través de pantallas de aplicaciones empresariales tradicionales basadas en web o en clientes pesados (fat-client) en lugar de una simple capa de API. La capa de interfaz de usuario de la aplicación se despliega como una aplicación web separada que accede de forma remota a componentes de servicio desplegados por separado (funcionalidad empresarial) a través de simples interfaces basadas en REST. Otra diferencia se encuentra en que los componentes de servicio tienden a ser más grandes, de grano más grueso y representan una pequeña porción de la aplicación empresarial general en lugar de granos finos, servicios de acción simple. Esta topología es común para las aplicaciones empresariales pequeñas y medianas que tienen un grado relativamente bajo de complejidad.
- La topología de mensajería centralizada, es similar a la basada en REST, excepto que en lugar de usar REST para acceso remoto, esta utiliza un intermediario de mensajes centralizado ligero (por ejemplo, ActiveMQ, HornetQ, etc.). Es importante considerar que no se debe confundir con el patrón SOA o considerarlo "SOA-Lite". El agente de mensajes ligeros que se encuentra en esta topología no realiza ninguna orquestación, transformación o enrutamiento complejo, es sólo un transporte ligero para acceder a los componentes de servicio remotos. Esta topología se encuentra frecuentemente en aplicaciones de negocios más grandes o aplicaciones que requieren un control más sofisticado sobre la capa de transporte entre la interfaz de usuario y los componentes de servicio. Entre los beneficios que aporta frente a las anteriores es que son mecanismos avanzados de colas, mensajería asíncrona, monitoreo, manejo de errores y mejor balanceo de carga y escalabilidad. El único punto de fallo y los problemas de cuello de botella arquitectónico generalmente asociados con un intermediario centralizado se abordan a través de la agrupación de intermediarios y de la federación de intermediarios (dividir una única instancia de intermediario en múltiples instancias de intermediario para dividir la carga de procesamiento de mensajes en función de las áreas funcionales del sistema).

**Aplicación monolítica.** En una aplicación monolítica toda la lógica se ejecuta en un único servidor de aplicaciones. Las aplicaciones monolíticas típicas son grandes y construidas por múltiples equipos, requiriendo una orquestación cuidadosa del despliegue para cada cambio. También se consideran aplicaciones monolíticas cuando

existen múltiples servicios de API que proporcionan la lógica de negocio, toda la capa de presentación es una sola aplicación web grande. En ambos casos, la arquitectura de microservicios puede proporcionar una alternativa.

**Tabla 1.** Arquitecturas monolíticas vs. microservicios [9]

<b>Categoría</b>	<b>Arquitectura Monolítica</b>	<b>Arquitectura de microservicios</b>
<b>Código</b>	Una base de código única para toda la aplicación.	Múltiples bases de código. Cada microservicio tiene su propia base de código.
<b>Comprensibilidad</b>	A menudo confuso y difícil de mantener.	Mayor facilidad de lectura y mucho más fácil de mantener.
<b>Despliegue</b>	Implementaciones complejas con ventanas de mantenimiento y paradas programadas.	Despliegue sencillo ya que cada microservicio se puede implementar de forma individual, con un tiempo de inactividad mínimo, si no es cero.
<b>Lenguaje</b>	Típicamente totalmente desarrollado en un lenguaje de programación.	Cada microservicio puede desarrollarse en un lenguaje de programación diferente.
<b>Escalamiento</b>	Requiere escalar la aplicación entera, aunque los cuellos de botella estén localizados.	Cada microservicio puede desarrollarse en un lenguaje de programación diferente.

## 2.2 Servicios web.

Los servicios Web son componentes de software ligeramente acoplados entregados a través de tecnologías estándar de Internet. Es decir, los servicios Web son aplicaciones de negocio autodescriptivas y modulares que exponen la lógica empresarial como servicios a través de Internet a través de la interfaz programable y donde el protocolo de Internet (IP) puede ser utilizado para encontrar e invocar esos servicios. Un servicio web es el elemento clave en la integración de diferentes sistemas de información, ya que los sistemas de información pueden basarse en diferentes plataformas, lenguajes de programación y tecnologías [10].

**SOAP.** La implementación de servicios web por protocolo simple de acceso a objetos (SOAP) se desarrolló como una alternativa al estándar CORBA (Common Object Request Broker Architecture). Para garantizar el transporte de datos en SOAP, se utilizan protocolos como HTTP, SMTP, entre otros, en formato XML. En este enfoque, un proveedor de servicios publica una descripción del servicio o una interfaz

para el registro de servicios, por lo que el solicitante del servicio puede encontrar una instancia de servicio correcta y utilizarla. Algunos problemas de rendimiento en SOAP se producen al formar el mensaje SOAP ya que agrega un encabezado adicional y partes al cuerpo al mensaje. Los servicios Web basados en SOAP incluyen una variedad de estándares, tales como WSDL, WSBPEL, WS-Security, WS-Addressing Estas normas fueron desarrolladas por organizaciones de normalización, como W3C y OASIS [11]

**REST.** Un servicio REST se define como una agregación de diferentes recursos que pueden ser alcanzados desde un identificador universal de recurso (URI) base. Un recurso representa a una entidad del mundo real cuyo estado está expuesto y puede cambiarse accediendo a un URI. Una Representación es la descripción de los mensajes enviados o recibidos de un Recurso en términos de un lenguaje tecnológico. Actualmente XML y JSON son los idiomas más populares para describir estos mensajes [12]

### 2.3 Integración continua

La integración continua (CI) es una práctica en el desarrollo de software en la que los desarrolladores hacen integraciones automáticas de un proyecto lo más a menudo posible (generalmente a diario) con el propósito de detectar fallos lo antes posible. Esta práctica de integración comprende la compilación y ejecución de pruebas de todo un proyecto.

Prácticas de integración continua. Para la aplicación de prácticas de CI se requiere que cada vez que se agregue una nueva parte al sistema, también se creen casos de prueba automáticos para cubrir todo el sistema incluyendo las partes recién agregadas. De igual forma, se requiere que el software sea probado y construido automáticamente y una retroalimentación inmediata sobre los nuevos códigos integrados hacia los desarrolladores. De acuerdo con Hamdan y Alramouni [13], estas prácticas son:

- Integrar el código con frecuencia. Este núcleo de la integración continua. No se debe esperar más de un día para enviar código al repositorio de código compartido.
- No integrar código “roto”. Código roto es un código que contiene cualquier tipo de error cuando se incluye en una construcción de CI.
- Corregir las compilaciones no funcionales de inmediato. Una compilación no funcional puede ser un error en la compilación, en la base de datos o en la implementación. Es cualquier cosa que impide que la compilación de informes de éxito.
- Escribir pruebas automatizadas. Las pruebas deben ser automatizadas para que funcionen en un sistema de CI. También debe cubrir todo el código fuente.
- Todas las pruebas e inspecciones deben aprobarse. Para que una compilación se apruebe, el 100% de las pruebas automatizadas deben pasar con éxito. Este es el criterio más importante de CI en cuanto a la calidad del software.

- Ejecutar compilaciones privadas. Las herramientas de CI permiten a los desarrolladores tener una copia del software del repositorio de código compartido localmente en sus estaciones de trabajo. Esto les proporciona la capacidad de tener una compilación de integración reciente localmente antes de integrarla al servidor de generación de integración principal para asegurar que no falle.

## 2.4 Contenedor de aplicaciones

Un contenedor de aplicaciones se basa en la virtualización de sistemas operativos usando los contenedores Linux [14], precisamente es un motor de contenedor de código abierto, que automatiza el empaqueo, entrega y despliegue de cualquier aplicación de software, se presenta como contenedores livianos, portátiles y autosuficientes, que se ejecutarán prácticamente en cualquier lugar. Un contenedor es un cubo de software que comprende todo lo necesario para ejecutar el software de forma independiente. Puede haber varios contenedores en una sola máquina y los contenedores están completamente aislados entre sí y también de la máquina anfitriona [15]

La palabra contenedor se define como "un objeto para contener/resguardar o el transporte de algo". La idea detrás de los contenedores de "software" es similar. Son imágenes aisladas e inmutables que proporcionan funcionalidad diseñada en la mayoría de los casos para ser accesibles sólo a través de sus APIs. Es una solución para hacer que el software funcione de forma fiable y en (casi) cualquier entorno. No importa dónde se estén ejecutando (computador portátil, servidor de pruebas o de producción, centro de datos, etc.), el resultado siempre debe ser el mismo [16].

## 3 Metodología

Como base de la investigación se usó un enfoque cualitativo que permitió descubrir o afinar las preguntas de investigación sobre las necesidades del diseño de una arquitectura de software. Se aplica un tipo de investigación descriptiva [17] para la contextualización y descripción del entorno de aplicación de una arquitectura en el desarrollo de aplicaciones web. El diseño documental [18] utilizado para la revisión bibliográfica sobre arquitectura de microservicios. Se empleó la técnica de grupo focal [19] aplicado a los funcionarios del área de desarrollo de software de la CGTIC para determinar el estado de situación actual sobre proceso de software aplicado.

### 3.1 Análisis Cualitativo

**Recolección de datos.** El instrumento de reunión de expertos fue desarrollado tomando en cuenta los antecedentes del entorno, tales como: Tecnología en uso, documentación disponible, experiencia del personal.

La reunión de expertos tuvo dos enfoques principales:

- Desarrollo de aplicaciones
- Arquitectura de software

Por cada pregunta se definió posibles respuestas esperadas como guía del conductor de acuerdo su ámbito relacionado.

**Resultados.** Con respecto al desarrollo de software y con base en la información recolectada de la aplicación del instrumento de investigación se concluye que:

El proceso de desarrollo de software utiliza una metodología ágil debido al carácter cambiante de los sistemas en ejecución, estas a su vez, constituyen en su mayoría los orientados a la web, con una clara tendencia al desarrollo en entornos móviles. Existe un uso mayoritario de aplicaciones a nivel interno con alta criticidad mismas que no cuentan con servicios alternativos en presencia de fallos o eventos fortuitos que permitan la continuidad del servicio.

El producto de software que se genera carece de principios de modularidad debido al uso de la arquitectura implícita de la plataforma de desarrollo utilizada. Como resultado las aplicaciones adquieren un carácter monolítico embebiendo en una sola unidad ejecutable todas sus funcionalidades lo que incide tanto en su desarrollo como mantenimiento.

En consecuencia y bajo el criterio unificado obtenido, se concluye que es de alta importancia emplear una arquitectura de software para el desarrollo de software que permita una estandarización de las aplicaciones y brinde una mejor calidad a los productos de software.

### 3.2 Proceso de arquitectura de software

El proceso de diseño de la arquitectura es una extensión del proceso general de diseño de ingeniería. El diseño de la arquitectura se centra en la descomposición de un sistema en componentes y las interacciones entre los componentes para satisfacer los requisitos funcionales y no funcionales. Un sistema de software puede ser visto como una jerarquía de las decisiones de diseño (reglas también llamado diseño o contratos). Cada nivel de la jerarquía tiene un conjunto de reglas de diseño que de alguna manera se une o conecta los componentes en ese nivel. La salida principal del proceso de diseño de la arquitectura es una descripción arquitectónica. El proceso describe los siguientes pasos generales [20]:

- El establecimiento de requisitos, mediante el análisis de los controladores del negocio, el contexto del sistema, y los factores que los interesados del sistema estimen crítico para el éxito.
- La definición de una arquitectura, mediante el desarrollo de estructuras arquitectónicas y estrategias de coordinación que satisfagan los requisitos.
- La evaluación de la arquitectura, mediante la determinación de cuándo y qué métodos de evaluación de la arquitectura son apropiados, la realización de las evaluaciones, y la aplicación de los resultados para mejorar el desarrollo de la arquitectura.

- La documentación de la arquitectura, con el suficiente detalle y en una forma fácilmente accesible para los desarrolladores y otras partes interesadas.
- El análisis de la arquitectura, para el rendimiento del sistema, la seguridad.
- Implementación, de la arquitectura definida a través del desarrollo de un prototipo.

## 4 Resultados

La investigación se encuentra en etapa de desarrollo de la propuesta y posteriormente su aplicación mediante la implementación de un prototipo bajo la arquitectura propuesta que demuestre su uso, por lo que aún no se ha obtenido resultados.

## 5 Conclusiones

- El actual desarrollo de software bajo la metodología aplicada se contrapone a la arquitectura utilizada, lo cual dificulta su correcta aplicación.
- El mantenimiento o cambio en las funcionalidades de las aplicaciones representa un problema debido a su naturaleza monolítica.
- Existe una clara intención de establecer una nueva arquitectura de desarrollo de aplicaciones acorde a la utilización de nuevas tecnologías.

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la Tesis Arquitectura de Software Basada en Microservicios para Desarrollo de Aplicaciones Web de la Asamblea Nacional.

## Referencias

1. Carneiro, C.; Schmelter, T.: Microservices From Day One. Apress. Berkeley, CA. (2016).
2. Nielsen, D. Investigate availability and maintainability within a microservice architecture (Tesis Doctoral). Master's thesis, Aarhus University. (2015).
3. Fowler, M.; Lewis, J. Microservices. Viittattu, (2014)
4. Borčín T. Service activity monitoring for SilverWare. Masaryk University. (2017)
5. Newman, S. Building Microservices. O'Reilly Media, Inc. (2015).
6. Wolff, E. Microservices: Flexible Software Architectures. CreateSpace Independent Publishing Platform. (2016).
7. Richards, M. Software Architecture Patterns. O'Reilly Media, Inc. (2015).

8. Villamizar, M., Garces, O., Castro, H., Verano, M., Salamanca, L., Casallas, R., y Gil, S. Evaluating the monolithic and the microservice architecture pattern to deploy web applications in the cloud. *Computing Colombian Conference (10CCC)*, 2015 10th (pp. 583–590). (2015).
9. Daya, S., Van Duy, N., Eati, K., Ferreira, C., Glozic D., Gucer, V., Vennam R. *Microservices from Theory to Practice IBM Corporation.*(2015).
10. Wagh, K., Thool, R. A comparative study of soap vs rest web services provisioning techniques for mobile host. *Journal of Information Engineering and Applications*, 2(5), 12–16. (2012).
11. Tihomirovs, J., Grabis, J. Comparison of SOAP and REST Based Web Services Using Software Evaluation Metrics. *Information Technology and Management Science*, 19(1). (2016)
12. Valverde, F., Pastor, O. Dealing with REST services in model-driven web engineering methods. V *Jornadas Científico -Técnicas en Servicios Web y SOA, JSWEB*, 243–250. (2009).
13. Hamdan, S., Alramouni, S. A Quality Framework for Software Continuous Integration. *Procedia Manufacturing*, 3. (2015).
14. Kratzke, N. About microservices, containers and their underestimated impact on network performance. *Proceedings of Cloud Computing*, 2015, 165–169. (2015).
15. Raj, P., Chelladhurai, J. S., Singh, V. *Learning Docker: Optimize the power of Docker to run your applications quickly and easily.* Birmingham Mumbai: Packt Publishing. (2015).
16. Farcic, V., *The DevOps 2.0 Toolkit.* packtpub. (2016).
17. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. *Metodología de la investigación.* 5ta Edición La Habana: Editorial Félix Varela, 2. (2010)
18. Galeano, M. E. *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa.* Universidad Eafit. (2004).
19. Álvarez-Gayou, J. L. *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología.* Colección Paidós Educador. México: Paidós Mexicana. (2003).
20. Babar, M., Brown, A., Mistrik, I., *Agile Software Architecture: Aligning Agile Processes and Software Architectures.* Newnes, (2013).

## **Migración, sincronización e interoperabilidad entre diversos Servicios de Directorio Activos: Caso de éxito de la Universidad de Costa Rica**

José Valverde Cerdas, Luis Loría Chavarría

Centro de Informática, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Universidad de Costa Rica,  
San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica  
jose.valverde@ucr.ac.cr, luis.loria@ucr.ac.cr

**Resumen.** La Universidad de Costa Rica migró su servicio de Directorio Institucional basado en el Protocolo Ligerero de Acceso a Directorio (LDAP). Este servicio provee a la Comunidad Universitaria, actualmente cerca de 85,000 usuarios, de un medio de autenticación a los servicios y sistemas institucionales.

El servicio cuenta con un clúster multimaestro-consumidor, balanceo de carga y alta disponibilidad basado en el protocolo LDAP, además de un sistema web para la administración de cuentas y gestión de directorios activos desarrollado en Java y una base de datos basada en PostgreSQL. El sistema de web gestiona la sincronización e interoperabilidad entre varios servicios LDAP de diversos proveedores de software tanto privativo como basado en Software Libre y Código Abierto.

El desarrollo de la solución responde a las necesidades puntuales de depuración, gestión y unificación de cuentas de usuario, la migración a plataformas de código abierto y la integración del Directorio Institucional dentro del proyecto de la Nube Académica Computacional (NAC) de la Universidad de Costa Rica.

**Palabras Clave:** Migración entre Directorios Activos, LDAP, Nube Computacional, PostgreSQL.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software.

### **1 Introducción**

Las instituciones de educación superior, dada la cantidad de usuarios de servicios informáticos con que cuentan, requieren de repositorios de cuentas de usuario robustos, de fácil implementación y que permitan la escalabilidad tanto horizontal como vertical. Asimismo, dichos repositorios deben permitir una fácil adaptabilidad a las necesidades y características específicas de cada institución, además de ser fácilmente gestionables e interoperables con los servicios y sus protocolos.

El presente trabajo tiene como fin mostrar el proceso de migración que efectuó la Universidad de Costa Rica (UCR) en el servicio de Directorio Institucional. Para esto es importante contextualizar la Universidad con un vistazo general sobre la institución, así las cosas, se debe tomar en consideración que esta universidad es pública y está conformada aproximadamente por 40.580 estudiantes, 9.000 docentes y/o administrativos distribuidas en 6 sedes universitarias, 6 recintos y más de 40 centros e

institutos de investigación, además de otras instancias ubicadas a lo largo del territorio nacional. Siendo la Sede Rodrigo Facio la principal y ubicada en San José. La UCR cuenta con una de las mejores infraestructuras para una institución académica universitaria en el país, distribuyendo conectividad de red e Internet en todas las instalaciones a lo largo de Costa Rica, un total de 626.370,16 m<sup>2</sup> de área constructiva y 8.455.354,69 m<sup>2</sup><sup>50</sup> en total.

Se ofrecen más de 600 opciones académicas entre profesorado, diplomados, bachilleratos, licenciaturas y posgrados en sus 13 facultades. El financiamiento es básicamente gubernamental y ronda para el 2017 los \$554.237.740,00 según datos del sitio de transparencia y Gobierno Abierto institucional. La universidad se relaciona con otras universidades e instituciones dentro y fuera del país, ya sea por investigación, docencia, acción social, convenios de cooperación o relaciones meramente consultivas que van desde compartir experiencias académicas, hasta transferencias tecnológicas y proyectos conjuntos.

Así las cosas este directorio consta de un repositorio de cuentas de cerca de 150,000 usuarios entre los que se cuentan estudiantes, docentes, personal administrativo, personal jubilado y otros grupos menores y aproximadamente 2,000 cuentas para distintas unidades académicas y/o administrativas que son parte activa de las dinámicas universitarias.

Este documento está compuesto por las siguientes secciones:

- Antecedentes, donde se presentan las características del estado anterior del Directorio Institucional que motivaron la migración.
- Diseño, donde se presenta la topología física y lógica, así como cada componente de software que integra toda la solución implementada.
- Repositorio de cuentas de usuario, donde se describen en detalle las estructuras de datos y la distribución de servidores.
- Implementación de la alta disponibilidad, donde se explica la solución para provisionar el servicio de alta disponibilidad y balanceo de cargas.
- Implementación del sistema de gestión de cuentas, que detalla los componentes de software que interactúan con la gestión adecuada (CRUD) de cuentas, desde el punto de vista de los gestores de datos.
- Trabajo futuro y retos, donde se describen en forma general, las actividades derivadas de este proyecto.

## 2 Antecedentes

El Directorio Institucional se encuentra en producción desde el año 2007 y provee un servicio único de autenticación para varios servicios institucionales, entre ellos el correo electrónico institucional y el sistema de expediente único para los funcionarios.

Básicamente existían dos tipos de cuentas:

- Cuentas de personas con la siguiente información:

---

<sup>50</sup> Tomado de <http://www.ucr.ac.cr/acerca-u/ucr-en-cifras.html>, acá se consideran las áreas de reservas naturales y zonas de investigación.

- Datos personales (nombre, apellidos, dirección de residencia, identificación personal, entre otros).
- Datos de sistemas institucionales, requeridos para su adecuada operación o configuración (cuotas de casillero de correo electrónico, listados de contactos, entre otros).
- Cuentas de servicios, utilizadas por los servicios existentes para consultar y autenticar a usuarios desde esos servicios. Existen cerca de 60 servicios/sistemas institucionales que utilizan el Directorio Institucional para la autenticación de sus usuarios. Básicamente, poseen un identificador de cuenta y una contraseña. Estas cuentas están ligadas a listas de control de acceso, por medio de las cuales se determinan las cuentas de usuario que utilizan dichos servicios.

## 2.1 Características de la plataforma tecnológica

La plataforma tecnológica anterior, 2007, se basaba en Sun ONE Directory Server 7, utilizando el Protocolo Ligerero de Acceso a Directorios (LDAP), para la cual ya en el 2013 no se contaba con mantenimiento y soporte por parte de SUN Microsystems.

El servicio ejecutaba el sistema operativo Solaris 10, en dos servidores físicos, sin un ambiente de desarrollo ni de pruebas.

La seguridad lógica de la plataforma era otro factor a considerar, ya que el servicio se encontraba accesible desde cualquier parte de la red de datos institucional y corría a través del protocolo LDAP inseguro (puerto 389 TCP).

## 2.2 Sobre los datos de usuario

La gestión de datos del usuario se llevaba a cabo utilizando una serie de scripts de sistema operativo y una aplicación desarrollada en Power Builder. Esos componentes de software carecían de respaldo técnico, por lo que su mantenimiento se volvió altamente costoso. Esto también contribuyó a que los datos rápidamente perdieran vigencia.

Asimismo, si una persona era estudiante y empleado al mismo tiempo, el sistema le asignaba dos cuentas de usuario, una para cada rol. En algunos casos, si a un estudiante se le asignaba un nuevo código de estudiante, el sistema era incapaz de reconocer si la información correspondía a una misma persona, por lo que le asignaba una cuenta nueva. De esta forma esas personas debían gestionar al menos dos cuentas distintas.

La mayoría de los datos registrados en cada cuenta correspondían a parámetros de configuración de otros servicios. Esto generó una dependencia tecnológica entre plataformas de servicios y la plataforma LDAP, además de que cada cuenta de usuario terminó por contener datos en su mayoría irrelevantes, repetidos y desactualizados.

### 2.3 Sobre los procedimientos de gestión

La información de las nuevas cuentas de usuario era entregada a las personas en forma impresa en soporte papel, con la contraseña en texto plano, de forma que si una persona perdía ese reporte, corría el riesgo de que su cuenta fuera accedida por terceros.

Los períodos de creación masiva de cuentas para estudiantes de primer ingreso, se generaba una cantidad cercana a 8,000 cuentas, es decir la misma cantidad reportes de contraseñas.

Una grave ausencia de ese sistema era la localidad, es decir, ante la pérdida de la contraseña de un usuario, este debía acudir al Centro de Informática, en la Sede Rodrigo Facio para la recuperación de la misma.

Por otra parte, la gestión de cuentas de usuarios era compleja ya que la inserción se realizaba en forma semiautomatizada, se carecía de edición de datos y no existía control si una persona ya poseía una cuenta.

## 3 Plan de trabajo

El plan de trabajo para la implementación de la nueva solución se dividió en las siguientes fases:

- Análisis del directorio existente, que incluyó análisis del contenido de los datos, arquitectura existente, equipos físicos, procedencia y formato de datos, análisis de los procesos y los componentes de software existentes.
- Documentación de requisitos, tanto para el sistema de gestión de cuentas como para el nuevo servidor de directorio, además del diseño de la base de datos relacional.
- Análisis de soluciones, la cual incluyó la elección del servidor para el directorio, lenguajes de programación, sistemas gestores de bases de datos, desarrollo casero versus outsourcing.
- Depuración de datos, que incluyó la definición de formatos de datos, eliminación de datos irrelevantes, depuración de los existentes y análisis y unificación de cuentas de usuario duplicadas.
- Fase de desarrollo, donde se incluyó la codificación, ejecución de pruebas, corrección de errores, implementación del servidor de directorio y ejecución de pruebas de autenticación con sistemas de prueba.
- Fase de migración, que incluyó la gestión de datos en el directorio viejo y el directorio nuevo, la asesoría y acompañamiento a los gestores de sistemas/servicios institucionales en la migración al nuevo directorio, migración de sistemas y servicios propiamente dicha.
- Fase de análisis de riesgos y gestión de la continuidad del servicio, que incluyó análisis y calificación de riesgos, definición de controles y pruebas de recuperación del servicio.

## 4 Descripción de la solución

Con el análisis del directorio existente y las necesidades universitarias se determinó que se requiere enfocar la solución sobre tres ejes principales: el servicio de directorio basado en LDAP, el sistema web para gestión de usuarios basado en las reglas de negocio de la Universidad de Costa Rica y el rediseño de procesos técnico-administrativos. Pero, dentro de las soluciones y requerimientos se detectó la necesidad de prever la conectividad de la solución con diversos sistemas LDAP tales como Active Directory de Microsoft, 389 Directory Service y FreeIPA, así entonces como parte de la solución se crea un componente de conectividad hacia diversos directorios activos de proveedores de software diferentes e implementaciones de LDAP diferentes basada en la versión actual del protocolo, la LDAPv3 definido en los RFCs 2251, 2256, 2829, 2830 y 3377 [2], donde se cuenta con funciones CRUD típicas, una organización jerárquica en forma de árbol, y un robusto mecanismo de control de acceso basado en permisos y roles, entre otros [1].

### 4.1 Sobre las fuentes institucionales de datos de usuario

La información para generación y mantenimiento de cuentas de usuario proviene de varias fuentes, entre las cuales se pueden citar las siguientes:

- Sistema de Aplicaciones Estudiantiles (SAE). Proporciona los datos básicos de estudiantes que se encuentran activos al momento de realizar la consulta.
- Sistema de Información de Recursos Humanos (SIRH). Proporciona los datos de funcionarios activos, funcionarios pensionados y funcionarios cesados.
- Sistema de Becados al Exterior (SIBEX). Proporciona datos de becados al exterior.
- Datos de personal contratado. Son personas que no forman parte de la planilla de Recursos Humanos, sino que son contratados a través de proyectos de investigación.
- Cuentas departamentales. Se denomina así a las cuentas de usuario que utilizan las dependencias universitarias para envío de correos electrónicos relacionados con su quehacer diario, realización de eventos (congresos, seminarios, etc.), entre otros.
- Otras fuentes. Son datos para la creación de cuentas de usuario de casos especiales a solicitud de las dependencias universitarias.

Para todos los casos, existen procedimientos automatizados, ya sea mediante el acceso a bases de datos o ejecutando procesamientos de archivos separados por comas. La tabla 1 muestra las fuentes de datos a partir de las cuales se generan las cuentas de usuario, en la Universidad de Costa Rica.

**Tabla 1.** Fuentes de datos de los usuarios del Directorio Institucional.

<b>Tipo de usuario</b>	<b>Fuente de datos</b>	<b>Cantidad de cuentas activas (Marzo 2017)</b>
Estudiante	Oficina de Registro e Información (ORI)	67793
Empleado (docente, administrativo)	Oficina de Recursos Humanos (ORH)	9709
Personal jubilado	Oficina de Recursos Humanos (ORH)	2684
Becados al exterior	Oficina de Asuntos Internacionales (OAICE)	402
Cuentas departamentales	A solicitud de cada dependencia universitaria	2187
Otros	Varias fuentes	949
<b>Total:</b>		<b>83724</b>

#### 4.2 Servicio de directorio basado en LDAP

Para elegir el software de servicio de directorio se tomaron como premisas indispensables las siguientes: Implementación en código abierto, configuración y administración sencilla, implementación de protocolo seguro (LDAPS, puerto 636 TCP) y escalabilidad.

Se analizaron los directorios 389 Directory Server y su “hijo” FreeIPA, en las versiones estables disponibles a octubre 2015. Se efectuaron pruebas de rendimiento asociadas a la creación, edición y eliminación de usuarios en distintos escenarios de tamaño de la base de datos del directorio. De esta forma, se probaron principalmente inserciones masivas de lotes de 10,000 usuarios separados en 2 ó 3 threads, en contextos en los que el directorio tuviera previamente registrados 40,000, 50,000 y 60,000 usuarios.

389 Directory Server presentó tiempos de ejecución de a lo sumo 10 minutos, mientras que FreeIPA presentó tiempos de ejecución de entre 17 y 29 horas.

Por ello, se escogió el servicio 389 Directory Server, un servidor LDAP desarrollado por Red Hat, el cual cumplió plenamente con los requerimientos básicos, principalmente por su facilidad y rapidez de implementación desde cero.

Se configuraron cinco servidores en un clúster multimaestro-consumidor, de acuerdo con la guía técnica en la documentación que Red Hat tiene disponible en la Internet [3].

##### 4.2.1. Topología y componentes del servicio de directorio

Como se muestra en la figura 1, se pueden distinguir tres bloques de servicios bien definidos, a saber, servidores multimaestros, servidores consumidores y servicio balanceador.

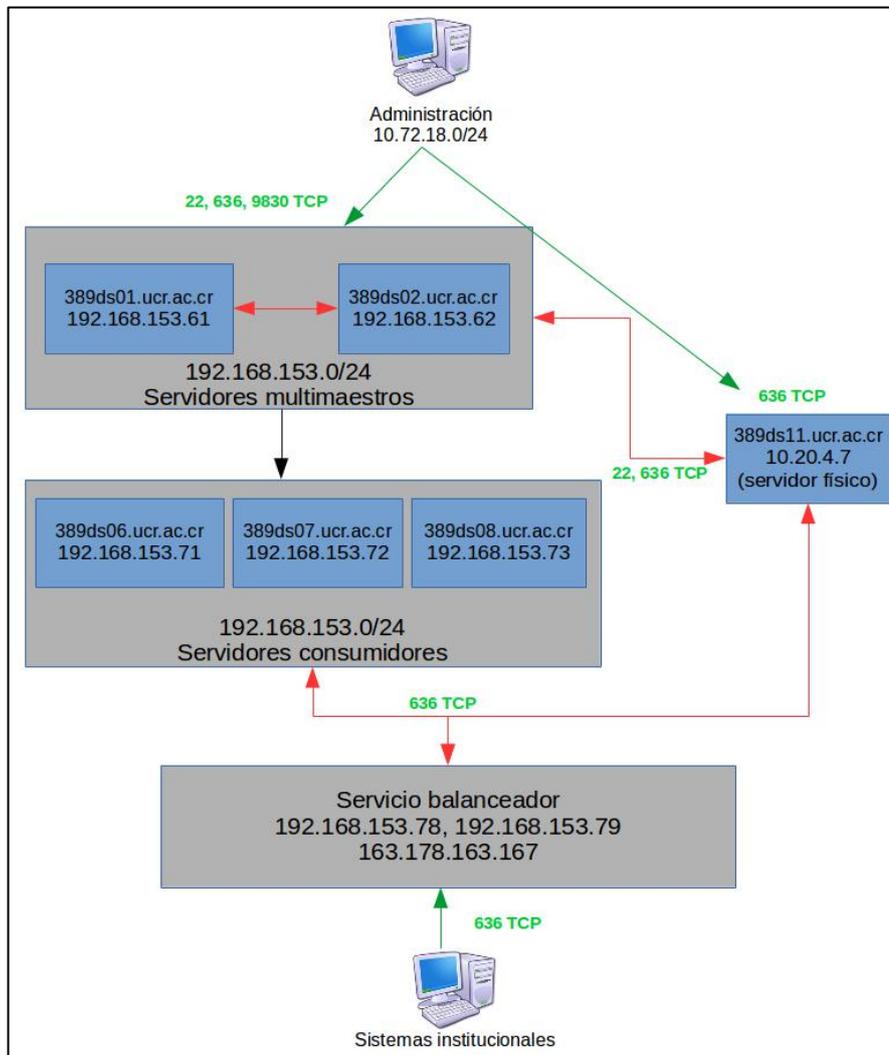


Fig. 1. Topología del servicio de directorio.

El servicio de directorio está integrado por los siguientes componentes básicos:

- **Servidores multimaestro.** Consta de dos servidores virtuales que permiten la inserción (ldapadd), modificación (ldapmodify), consulta (ldapsearch) y eliminación (ldapdelete) de cuentas de usuario y que se replican mutuamente los datos, creando un ambiente de redundancia y alta disponibilidad.

Estos servidores solamente son accedidos desde el sistema web de administración de cuentas a través del puerto 636 TCP (operaciones CRUD), desde la red de administración a través de los puertos TCP 22 (para

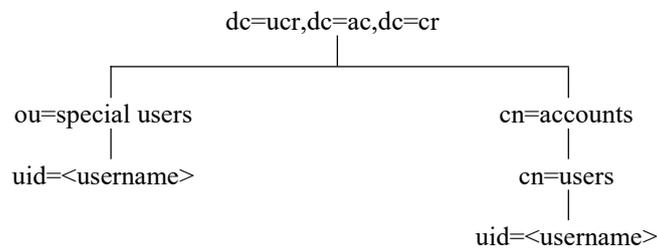
administración), 636 (pruebas de operación del servicio) y 9830 para gestión desde una consola gráfica remota.

- **Servidores consumidores.** Consta de tres servidores virtuales que literalmente “consumen” los datos de las cuentas de usuario desde los servidores multimaestro. Estos consumidores permiten operaciones de consulta (ldapsearch) de cuentas de usuario y son accedidos desde los servidores multimaestro a través del puerto 389 TCP (replicación), desde los servidores de balanceador por el puerto 636 TCP (ldapsearch), desde la red de administración a través de los puertos TCP 22 (para administración), 636 (pruebas de operación del servicio) y 9830 para gestión desde una consola gráfica remota.
- **Servidor físico de respaldo.** Este servidor opera en forma activo – activo con los multimaestros y puede ser accedido para consultas como un consumidor. De esta manera se brinda un ambiente alternativo de respaldo en un sitio físico separado de los servidores virtuales.  
El acceso a este servidor es a través de los puertos indicados en los dos tipos anteriores. Sin embargo, el acceso por el puerto 22 está disponible únicamente desde esos otros servidores.
- **Servicio balanceador.** Consta de dos servidores virtuales con HAProxy [4]; actúan como balanceadores de carga de peticiones que llegan desde los sistemas/servicios de la solución y Keepalived [5], anunciando el servicio de directorio a través de una dirección IP virtual hacia los sistemas/servicios cliente.  
El acceso a este servidor está condicionado mediante instrucciones de IPTables. Y sólo los sistemas/servicios previamente autorizados y configurados pueden acceder al servicio, por el puerto 636 TCP.  
Las consultas llegan desde los sistemas/servicios hasta el servicio de balanceo, el cual las distribuye en los nodos consumidores utilizando un algoritmo round-robin.

En relación con los certificados de seguridad, los servidores consumidores proporcionan los certificados para la comunicación a través de LDAPS. Por su parte, el servicio balanceo utiliza un certificado público de la autoridad certificadora Let's Encrypt [6], lo cual permite que cualquier sistema debidamente registrado y autorizado, pueda realizar consultas al servicio de directorio sin necesidad de instalar certificados.

#### 4.2.2 Estructura del directorio y organización de los datos de las cuentas de usuario

En cuanto a la estructura de jerarquía, se implementó el siguiente formato:



La rama derecha (`cn=users,cn=accounts`) corresponde al subdirectorio dentro del cual están todas las cuentas de usuarios. La rama izquierda (`ou=special users`) corresponde a todas las cuentas que utilizan sistemas/servicios institucionales para la consulta y autenticación de usuarios.

Se utilizaron atributos de las clases estándar de LDAP para el almacenamiento de datos. Sin embargo, debido a que la Institución requiere el almacenamiento de otros atributos específicos, se creó una clase de objeto llamada `ucrUserInformation`, para la definición de los siguientes atributos:

- Carné de estudiante
- Número de empleado
- Correo electrónico alternativo
- Segundo apellido
- Identificación
- Tipo de identificación
- Descripción del estado de la cuenta del usuario
- Perfil del usuario (puede contener varios valores)
- Nombre “conocido como”
- Primer apellido “conocido como”
- Segundo apellido “conocido como”

### 4.3 Sistema web para gestión de usuarios

El Directorio Institucional cuenta con una aplicación web para la administración de las cuentas de usuarios, que permite realizar tareas básicas como creación, edición, consultas e inactivación de usuarios.

#### 4.3.1. Funcionalidades

A continuación se describen las funcionalidades del sistema web:

- Inserción y modificación de cuentas de usuario, en forma individual o por lotes. En el caso de los trabajos por lotes, se realizan en forma automatizada mediante la conexión a las bases de datos de sistemas institucionales o por medio de archivos separados por coma (CSV).
- Inactivación de cuentas de usuario en forma individual o por lotes.

- Consulta de cuentas de usuario por varios criterios de búsqueda.
- Modificación de datos específicos, de acuerdo con requerimientos generados desde otros sistemas.
- Posibilidad de escribir datos y generar cuentas en varios tipos de directorios tal como se mencionó anteriormente: FreeIPA, 389 Directory Server y Active Directory entre otros.

#### 4.3.2. Sistema gestor de bases de datos

Para el almacenamiento y gestión de datos se configuró el servicio de PostgreSQL en modo maestro-esclavo en equipos virtuales. La configuración de esquemas y tablas es la siguiente:

Base de datos: sdi	
Esquema:	cuentas
Tablas	
Datos de cuentas:	EstudiantesActivos FuncionariosActivos HistoricoRelacion RelacionUcr Usuarios
Catálogos:	Categorias MotivoCese TipoIdentificacion
Auditoría y gestión:	Bitacoras Perfiles
Sistema de menús y usuarios de sistema:	Items MenuPerfiles Parametros SistemaMenus UsuariosSistema

#### 4.3.3. Sistema web propiamente dicho

La aplicación web fue desarrollada en lenguaje Java utilizando el patrón de arquitectura de software Modelo-Vista-Controlador. El proceso de análisis y diseño concluyó la necesidad de mejorar los procesos existentes e incorporar nuevos procesos; en la Figura 2 se presenta el diagrama de arquitectura del sistema. Las funcionalidades y el diseño se describen a continuación:

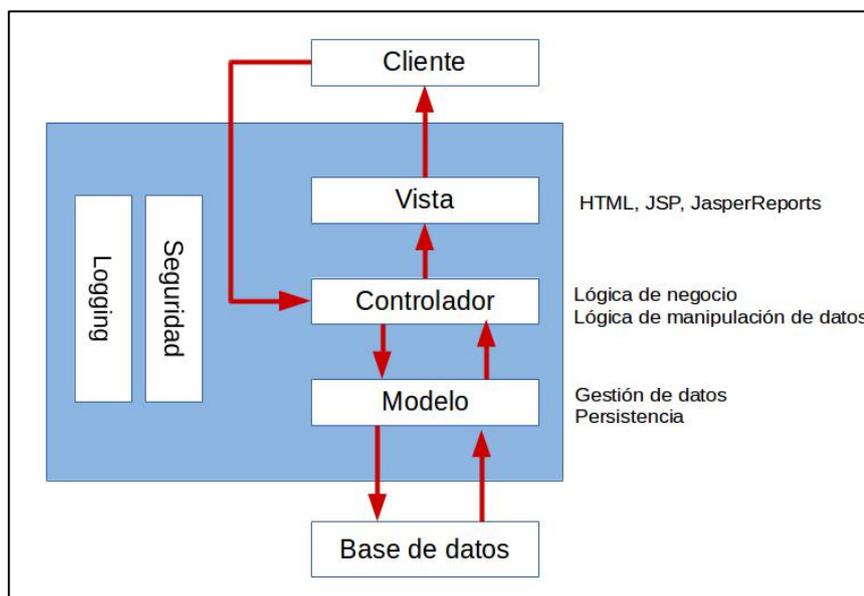


Fig. 2. Arquitectura del sistema empleando el modelo-Vista-Controlador.

**Modelo:** El mapeo objeto-relacional (ORM) se realiza utilizando Hibernate. Cada entidad en la base de datos tiene un objeto asociado en el modelo, con excepción de las entidades con llaves primarias compuestas por dos o más atributos, en cuyo caso el modelo presenta un objeto adicional para la llave primaria (Primary Key o PK) asociado al respectivo objeto. Cada objeto tiene sus respectivos métodos Get y Set para cada atributo.

**Controlador:** El controlador, por su parte, tiene un conjunto de clases de control que se comunican con las clases de servicio del modelo para acceder a la base de datos. También tiene un conjunto de clases que implementan la lógica de negocio, de acuerdo con las funcionalidades. El controlador se comunica con la vista mediante el envío de mensajes y resultados a través de una interfaz tipo Map que permite el almacenamiento de duplas parametro-valor, que son utilizadas por la vista para presentar los datos al usuario.

Por otra parte, el controlador se encarga de implementar las acciones necesarias para que el sistema operativo efectúe las operaciones de manipulación de las cuentas de usuario en el servidor de directorio (LDAP), mediante el uso la API de Java para acceso a directorios LDAP.

**Vista:** La aplicación utiliza las siguientes interfaces para generar resultados:

- Presentación web para captura de datos, presentación de resultados de procesamiento y de consultas, generación de mensajes de error, información y advertencia. Se utiliza HTML5, CSS 3 y JQuery.
- Reportes de resultados en formato ODF. Se utiliza JasperReports de Jasper Soft Studio.
- Mensajes de correo electrónico para envío de resultados a los usuarios del Directorio Institucional.

**Seguridad a través de la aplicación:** Acceso de usuarios al sistema: se cuenta con una administración de usuarios basada en roles. Cada usuario utiliza su nombre de usuario (username) y contraseña registrados en el Directorio Institucional (LDAP) para el ingreso al sistema.

**Seguridad a nivel de equipos y red:** se configuró muros de fuego en cada servidor, según las siguientes condiciones:

- El servidor de la aplicación y el sistema gestor de bases de datos están en segmentos de red distintos.
- El tráfico de red entre servidores solamente está garantizado para las direcciones IP de los equipos involucrados. Como excepción, solamente se autoriza el ingreso de las direcciones IP de las PCs de los usuarios administradores hacia el servidor de aplicación a través del puerto 8080 de TCP (Tomcat).
- El servidor de Directorio (LDAP) solamente será accedido desde el servidor de aplicación a través del puerto 636 de TCP.
- Las transacciones de base de datos se realizarán a través del controlador de la aplicación, de acuerdo con los principios de la arquitectura Modelo-Vista-Controlador.
- La aplicación web para administración será la única que accederá a los servidores multimaestros del Directorio Institucional.

#### **4.4. Procesos administrativos**

Los procesos que se mejoraron y crearon son los siguientes:

- Entrega de contraseñas a los usuarios: se estableció con carácter de obligatoriedad que cada usuario registre una cuenta de correo electrónico alterna a la institucional para que el sistema envíe información relacionada con su cuenta institucional, como por ejemplo el cambio de contraseña y otras notificaciones relativas al servicio; brindando mayor seguridad a la entrega de contraseñas, se sustituye la entrega de contraseñas impresas en soporte papel y se prevén nuevos procesos de recuperación de la clave de manera remota.
- Definición de perfiles de cuentas de usuario: se definen y crean nuevos perfiles de cuentas de usuario para limitar el acceso a los sistemas/servicios según el rol dentro de la Institución.
- Automatización del procesamiento de cuentas: con excepción de los procesos existentes para cuentas de estudiantes y funcionarios, se definieron nuevos procesos y reglas de negocio para la automatización de creación y edición de cuentas de otros perfiles de usuario.
- Segregación de componentes: los servicios institucionales almacenan sus parámetros en bases de datos propias. El Directorio Institucional solamente almacena datos relacionados a la identificación y autenticación de los usuarios.
- Reducción de datos almacenados en cada cuenta: como consecuencia de lo anterior, los datos almacenados en las cuentas de los usuarios se redujeron considerablemente lo cual mejora el rendimiento y gestión del Directorio.

- Unificación de datos, cuentas, para usuarios con dos o más cuentas con perfiles antiguos: se detectaron cerca de 7,500 usuarios que tenían dos o más cuentas registradas en el Directorio Institucional anterior, en su mayoría, como estudiantes y como empleados. Se ejecutó un procedimiento mediante el cual cada usuario indicara cuál de los nombres de cuentas usaría como definitiva. Los datos relacionados con las cuentas a eliminar se guardaron en la cuenta definitiva, a solicitud de los usuarios que así lo expresaran.
- Se documentó todo el proceso de continuidad del servicio, que incluyó el análisis y evaluación de riesgos, definición de controles, documentación y pruebas de los procedimientos de recuperación del servicio en caso de desastres. Esto implicó un proceso de capacitación arduo del área de investigación y desarrollo hacia el área de gestión de servicios dentro del Centro de Informática lo cual garantiza la adecuada gestión del servicio nuevo.

## **5. Proceso de migración**

El proceso de migración entre la plataforma SunOne y la nueva plataforma 389 Directory Server involucró las siguientes etapas:

### **5.1. Comunicación y coordinación con gestores de TI**

En sesiones de trabajo con los gestores de sistemas y servicios que se autentican con el Directorio Institucional se explicaron las indicaciones y las consideraciones necesarias para migrar los sistemas en producción al nuevo directorio. Los aspectos más importantes están los siguientes:

- Homologación de tipos de datos en los sistemas.
- Homologación de los nombres de los atributos en los sistemas con los existentes en el nuevo servidor de directorio.
- Activación de certificados de seguridad para la configuración de LDAP Seguro.
- La imperante e irrefutable ejecución de pruebas en las plataformas de desarrollo.

### **5.2. Gestión de datos simultánea en ambas plataformas**

Con el fin de efectuar una migración lo más transparente posible, fue necesario configurar la aplicación web de gestión de cuentas para que realizara las inserciones y modificaciones en ambos directorios activos, el SunOne como en 389 Directory Server. De esta forma, se mantuvieron ambos directorios estrictamente sincronizados para facilitar el pase de los sistemas al nuevo directorio, sin afectar a los usuarios finales.

### **5.3. Proceso de migración de sistemas y servicios**

El proceso de migración se realizó en primera instancia con un clúster de dos servidores de directorio, configurados de acuerdo con la documentación del producto. Así las cosas la migración de los sistemas se llevó a cabo en forma paulatina, con el fin de ajustar el dimensionamiento del rendimiento planteado inicialmente para el

servicio, según recibiera la carga de trabajo se podría ajustar. De esta forma, la migración se llevó a cabo en el siguiente orden:

- Sistemas y servicios de alto acceso: Se consideran así los servicios a los que tiene acceso el 100% de los usuarios.
  - Correo electrónico: dado que tiene varios componentes, cada uno de los cuales realiza autenticación con el servicio de directorio. Se migró cada componente por separado y con base en los resultados se determinó la necesidad de configurar un nuevo nodo de 389 Directory Server.
  - Servicio de red inalámbrica: se monitoreó el impacto en el servicio determinado la necesidad de ajustes en los tiempos de espera del servicio de red inalámbrica.
- Sistemas o servicios de mediano acceso: Se refiere a sistemas en los que la población meta es específica y limitada. El monitoreo no mostró efectos significativos de la migración de estos servicios sobre el rendimiento. Estos servicios son:
  - Expediente Único
  - Sistema de Información de Recursos Humanos
  - Aula Virtual
  - Servicios de información del Sistema de Bibliotecas (SIBDI)
- Sistemas o servicios de bajo acceso: Se refiere a servicios en que no se superan los 20 usuarios autenticados. Fueron cerca de 45 servicios/sistemas de este tipo. Cabe destacar que algunos de ellos corresponden a nuevos servicios, los cuales fueron implementados directamente contra la nueva plataforma.

## 6. Trabajo futuro y retos

El Centro de Informática y el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicación (CITIC) han estado desarrollando conjuntamente un proyecto para la implementación de la “Nube Académica Computacional” (NAC).

La NAC contará con servicios de autenticación basada en Kerberos, LDAP, SSO entre otros, por lo que el servicio de Directorio Institucional nuevo forma parte fundamental de dicho proyecto y se diseñó conceptualizando esta integración.

A raíz de ello, la plataforma de servicio de directorio descrita a lo largo de este documento, constituye la primera etapa del sistema de autenticación de la NAC, una pieza de un IDM o Gestor de Identidad.

Como segunda etapa se prevé la instalación y configuración de un clúster basado en el software FreeIPA, dejando como plataforma de respaldo la basada en 389 Directory Server existente, pero ambos conectados y sincronizados a la misma plataforma de gestión para el Directorio Activo.

Debido a que el proyecto de la NAC incluye servicios orientados a equipos con sistema operativo Windows, será necesario incluir la definición específica para la conectividad con el servicio de Active Directory el cual precisamente es un elemento transcendental del proyecto donde se explota la utilización de Kerberos.

Como parte del mejoramiento continuo de la plataforma nueva, es necesario brindar mayor robustez al sistema gestor de bases de datos PostgreSQL por lo que se tiene en la hoja de ruta para mejorar la implementación del servicio como un clúster de alta disponibilidad (HA) empleando herramientas como pgPool o similares.

Finalmente, es indispensable finalizar el proceso de licenciar los productos del proyecto bajo licencias Creative Commons y GLPL para facilitar así la publicación y crecimiento público y abierto del desarrollo.

## 7. Conclusiones

La mejora tecnológica al Directorio Institucional de la Universidad de Costa Rica, acá expuesta, cumple con características de fácil gestión, fácil implementación y escalabilidad necesarias por el entorno dinámico e interoperable de la institución.

Las necesidades de interoperabilidad entre diversos directorios activos impulsaron la creación de este elemento de software que gestiona, controla y sincroniza cuentas de usuarios y sus variaciones contra las plataformas que cumplen con implementan el LDAP, el esfuerzo esta en crear el módulo que “traduzca” del LDAP estándar en las estructuras y formatos específicos de una implementación. Esta funcionalidad facilita procesos de migración e incluso actualización sin olvidar la necesidad que muchas organizaciones de orden universitario requiere de interoperabilidad.

Ese es el gran mérito del trabajo realizado, probado y en producción; el cual esta disponible para ser mejorado y adaptado por otros centros educativos según sea solicitado y mantengan el espíritu académico y libre de las implementaciones.

Ahora bien, no se puede obviar que las mejoras o migraciones aplicadas a los servicios en producción conllevan cambios en los procesos asociados a dichos servicios. Esos cambios deben cumplir las siguientes características:

- No reñir con las leyes del país ni la normativa de la organización.
- Ser aprobados por la alta gerencia.
- Ser adecuadamente comunicados a todas las partes.
- Ser adecuadamente entendidos por todas las partes.

A partir de allí es necesaria una adecuada gestión del cambio e ingeniería de requerimientos que involucre a todas las partes interesadas. En este caso se debe tomar en cuenta las jefaturas, los gestores de TI, los gestores de comunicación y el personal técnico directamente involucrado.

## Referencias

1. Protocolo Liger de Acceso a Directorios (LDAP), [https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo\\_Ligero\\_de\\_Acceso\\_a\\_Directorios](https://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_Ligero_de_Acceso_a_Directorios)
2. Request for Comments. <http://www.ietf.org/tools/>
3. Red Hat Directory Server Documentation. Chapter 8. Managing Replication. [https://www.centos.org/docs/5/html/CDS/ag/8.0/Managing\\_Replication.html](https://www.centos.org/docs/5/html/CDS/ag/8.0/Managing_Replication.html)
4. HAProxy. <http://www.haproxy.org/>
5. Keepalived. <http://www.keepalived.org/>
6. Let's Encrypt. <https://letsencrypt.org/>



## Proyecto Portal de Recursos Humanos Experiencia en la implementación en la Universidad de Buenos Aires

Rubén Darío Aybar <sup>a,1</sup>, Alex Fernando Flores <sup>a,2</sup>, Lilén Rocío Gordillo<sup>a,3</sup>, Ana Paula Vidal<sup>a,4</sup>

<sup>a</sup> Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad de Buenos Aires

Pte. Uriburu 860, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

<sup>1</sup>ruben.aybar@rec.uba.ar, <sup>2</sup>alex.flores@rec.uba.ar, <sup>3</sup>lgordillo@rec.uba.ar, <sup>4</sup>avidal@rec.uba.ar

**Resumen:** La presentación de este informe es dar cuenta de los aspectos técnicos, funcionales y del beneficio de la implementación de un portal online para el uso exclusivo de los agentes de la Universidad de Buenos Aires. Por lo general, los tiempos de consultas en las entidades educativas estatales argentinas suelen ser presenciales y burocráticos, lo que genera pérdida de tiempo valioso al interesado. En pos de agilizar estos procesos, a mediados del 2015, la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones patrocinado por la Dirección General de Recursos Humanos, desarrolló el Portal de Recursos Humanos de la Universidad de Buenos Aires. Este sistema cuenta con una instancia pública que permite la difusión ágil de noticias e información de interés general relacionadas a los Recursos Humanos y otra instancia privada que, a través de una identidad digital, habilita la consulta de información personal sensible a los docentes, no docentes y autoridades de la Universidad de Buenos Aires tal como los datos de contacto, del cargo, del título, la posibilidad de ingresar una licencia médica y controlar su estado, la descarga de los últimos doce detalles de haberes hasta el del mes inmediato anterior, la obtención de la credencial ART<sup>51</sup> y la consulta de marcajes horarios. Esta herramienta es un punto de encuentro, de participación y consulta con la intención de seguir creciendo y desarrollándose de acuerdo a la necesidad de la institución y por ende, su personal.

**Palabras Clave:** Infraestructura y desarrollo de software, Difusión de la información, Portal de Recursos Humanos, Autogestión, SSO.

### 1 Introducción

En los últimos diez años, la era digital ha evolucionado la vida de las personas en más de un aspecto. La existencia de internet y el uso de los aparatos electrónicos han dado impulso a este cambio cultural. El ámbito de la educación no es ajeno a ello y de manera progresiva se comenzó a utilizar esta metodología. La Universidad Virtual es más que la integración del personal en internet, implica colaboración y participación activa de todos los actores, simboliza la modernización de la universidad y la transparencia de los procesos administrativos para con su capital humano, concede accesibilidad a la consulta de la información útil de manera ágil, rápida y confiable.

---

<sup>51</sup> Las Aseguradoras de Riesgos del Trabajo (ART) son empresas privadas contratadas por los empleadores para asesorarlos en las medidas de prevención y para reparar los daños en casos de accidentes de trabajo o enfermedades profesionales.

La Universidad Virtual es una propuesta que busca robustecer el uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación y fomentar la interacción entre los actores de la universidad. El proyecto se originó a partir del acercamiento del Director General de Recursos Humanos de Rectorado y Consejo Superior (DGRH) de la universidad a la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC) con un prototipo de una web en búsqueda de una solución integral para lograr un alcance masivo en la difusión de información e innovar y ampliar el sector. Los mismos apuntaban a optimizar los tiempos y la calidad de los procesos administrativos por medio de una herramienta de gestión autónoma, la difusión de normativa y reglamentación de la institución y con la posibilidad de aumentar la interacción con los docentes, no docentes y autoridad.

Luego de analizar con detalle el alcance del proyecto, desde CGTIC, se dio prioridad debido al salto cualitativo que implicaría integrar al personal a una Universidad virtual y por la factibilidad del proyecto, es decir, contar con los recursos necesarios para poder implementarlo y la excelente predisposición de la DGRH. Por esta razón el proyecto comenzó en el mes de Mayo del 2015. El objetivo del mismo es la búsqueda de retroalimentación entre los actores de la universidad y la expansión de la modalidad virtual en las diferentes áreas. El mismo contó con un grupo de equipo conformado por: la directora de proyecto, un grupo de analistas senior, de desarrolladores semi senior y senior y con administradores de sistemas operativos (Linux y Windows), de seguridad informática y de comunicaciones. Se reunieron periódicamente para definir aspectos funcionales y técnicos y así poder llevar a cabo el proyecto. El trabajo en equipo fue sinérgico ya que todos los sectores aportaron a la calidad y llegada a tiempo y forma a los entregables. Esta modalidad fue un acierto debido a que los usuarios pudieron seguir el crecimiento del proyecto y aportaron nuevas ideas que generaron un robustecimiento del portal a medida.

Es menester mencionar que hasta la salida a producción del Portal de Recursos Humanos, la mayor parte de los no docentes, docentes y autoridades no tenían manera de consultar de manera ágil los marcajes horarios, ni la información personal almacenados en el sistema de Recursos Humanos de la UBA. Los mismos debían dirigirse a la oficina física de la dependencia de Recursos Humanos. Asimismo, debían solicitar los últimos recibos de sueldos puesto que se los entregaban con retraso.

Por todo lo anterior, la solución propuesta constó de una instancia de libre acceso para la difusión de noticias e información de interés de Recursos Humanos y otra instancia exclusiva para la consulta personal. La primera se desarrolló con Microsoft Sharepoint 2013, que es una herramienta que permite la interacción del usuario final con una interface amigable y moldeable a su medida para una mejor colaboración con la comunidad. Mientras que la segunda fue desarrollada a medida por la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC) y permite la integración al agente proporcionando información personal y la opción de colaborar mediante correo electrónico en el caso de que la misma sea incorrecta.

## 2 La Solución

Tal como se mencionó en la introducción, debido a la necesidad del usuario de facilitar los procesos administrativos, difundir información de gran interés para la comunidad universitaria y facilitar la consulta de información de manera segura para cada empleado de la Universidad de Buenos Aires, se ideó una instancia de acceso general para la utilización y administración de la DGRH y otras direcciones; y otra privada para la visualización de información sensible de cada agente docente, no docente y autoridad. Por un lado, en la sección pública, se diseñó una solución autogestionable e intuitiva que le brinda el control al usuario final sobre la administración de contenido, es decir, la posibilidad de crear, editar, eliminar y aprobar páginas, fotos, vídeos, artículos, etc. Además se los capacitó y se les facilitó manuales de uso.

La página principal del dominio <https://rrhh.uba.ar/> se divide en un header, navegador, body y footer. En el primero se observa el logo de la universidad y el título del portal. El segundo contiene iconos que redirigen con páginas del portal: “Inicio” que es el home, “Contacto” que lleva a la página de contactos con marcadores de ubicación en el mapa usando Google Maps API y teléfonos de las dependencias y subdependencias de la universidad. El icono a su derecha es “Noticias”, que es el listado de las noticias que el usuario comparte, y por último “Sitios de Interés” donde se encuentran los enlaces a las diferentes unidades académicas, hospitales, sitios UBA y externos. Asimismo hay un vídeo explicativo de “¿Cómo gestionar el acceso?” (a autogestión) que es una aplicación web que permite a los agentes UBA visualizar la información personal que tiene el sistema de Recursos Humanos de la UBA, y la opción “Ingresar” para entrar a autogestión. La misma se puede desplegar en otras tres posibilidades tales como “Activar usuario”, “Recuperar contraseña” y “Edición de datos”. Estos se detallarán más adelante en la instancia privada.

En el cuerpo se puede ver un carousel slider cuyo objetivo es colocar contenido dinámico y actual, en este caso imágenes y descripción respecto a las noticias que el usuario ingresa. Debajo del mismo, hay boxes con otras secciones del portal con mayor visibilidad y son: “Preguntas Frecuentes” con preguntas y respuestas recurrentes; “Normativa” que contiene un listado de la normativa de la universidad; “Capacitación” que son cursos para empleados No docentes que se dictan en el año por parte de la Dirección de Capacitación y Desarrollo (DCAP), dependiente de la DGRH; “Guía de trámites” que incluye instrucciones para realizar de manera eficiente trámites comunes a los agentes; “Colonia de Vacaciones” que contiene información sobre este servicio para los hijos de los agentes de la UBA. En el footer o pie de página figura el lugar donde fue desarrollado el sitio.



Fig. 1. Página principal del Portal de Recursos Humanos.

Por otro lado, la sección privada es una solución de autoconsulta llamado autogestión (<https://autogestion.rrhh.uba.ar>) por los agentes UBA, que permite el acceso a información personal a través de una autenticación administrada por “Tú cuenta portal” gestionada en la aplicación PWM<sup>52</sup>. El mismo accede a la base de LDAP<sup>53</sup> donde previamente se migró la información requerida para autogestión (nombre, apellido, número de documento, fecha de nacimiento, correo electrónico, etc.) desde el sistema de Recursos Humanos. Esto permite agilizar el proceso de la gestión de sus datos de autenticación desde dentro y fuera de la UBA.

Previamente se comentó que el agente debe gestionar a través del PWM una cuenta, no obstante a modo de seguridad para resguardar la identidad y por manejar información sensible, éste debe ser habilitado en el sistema de Recursos Humanos. Para ello debe ser habilitado por un enrolador capacitado, en el sector de Recursos Humanos correspondiente a cada dependencia. El mismo debe verificar la identidad del solicitante para habilitar el uso online. Una vez habilitado y con una cuenta activa el usuario puede ingresar a autogestión. Para facilitar los pasos previos y su uso, el equipo diseño y subió un video de carácter explicativo sobre la habilitación de la

<sup>52</sup> PWM, Open Source Password Self Service for LDAP directories, es una solución en php (código abierto) de alta configuración que permite la implementación de un servicio web para la gestión cómoda y rápida por parte de los usuarios finales de su cuenta de usuario (Recupero de Password, Cambio de E-Mail, Seteo de preguntas para el Recupero de Password).

<sup>53</sup> LDAP son las siglas de Lightweight Directory Access Protocol (en español Protocolo Ligero/Simplificado de Acceso a Directorios) que hacen referencia a un protocolo a nivel de aplicación que permite el acceso a un servicio de directorio ordenado y distribuido para buscar diversa información en un entorno de red.

cuenta e ingresar a autogestión. Además se agregó un instructivo descargable y una sección en preguntas frecuentes.

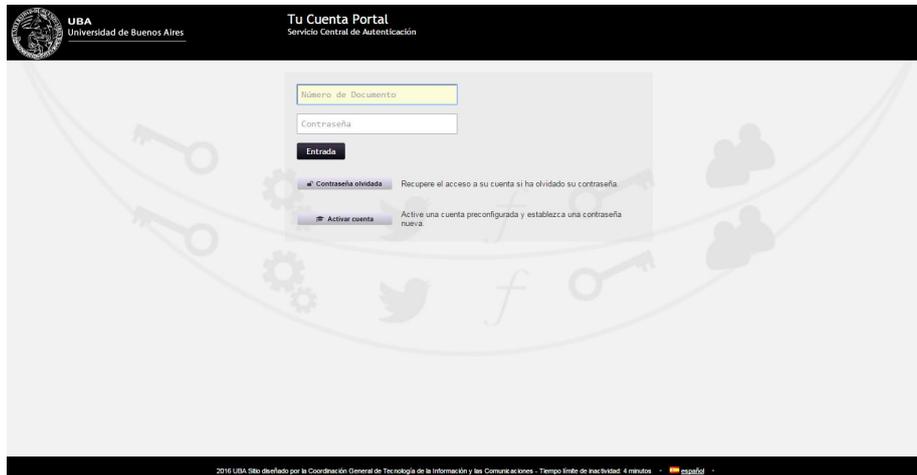


Fig. 2. Página de autenticación a “Tu cuenta Portal”.

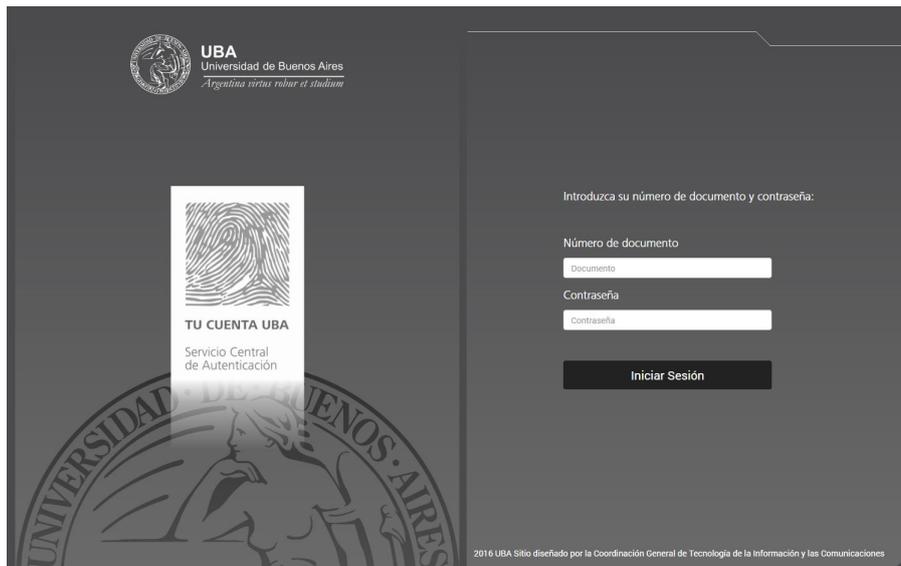


Fig. 3. Página de autenticación de autogestión.

El diseño es moderno adaptado a los esquemas actuales e intuitivo para un uso más sencillo del personal y la información proviene de la base de datos del Sistema de Recursos Humanos que actualiza diariamente las altas y/o actualizaciones del agente y de manera mensual la información relacionada a la liquidación de haberes a través

de un JOB<sup>54</sup> que se corre en horarios de poco uso para evitar el congestionamiento de la red.



Fig. 4. Página principal de Autogestión.

Dentro de la página se pueden ver diferentes iconos con información ordenada que le compete al no docente, docente y/o autoridad.

Dirección	Calle	Piso	Depto.	CP
	AMENABAR 661	3	A	1426
	Provincia	Localidad		
	Capital Federal	Capital Federal		
Correo	xxxxx@xxx.com.ar			
Teléfonos	Particular	Laboral	Celular	
	47811043			

Fig. 5. Datos Personales de Autogestión.

En la figura 5 se muestran los datos personales del agente autenticado tales como su domicilio, correo electrónico y teléfonos de contacto.

Descripción	Estado	F. Inicio	F. Fin	F. Baja	Tipo Documento	N Dec.	Emisor	Dependencia
Categoría 4 Admin Tempor	Activo (No Vencido)	23/12/2014	30/06/2017		Resolución Original	2279/14	Rector	Rectorado y Cons. Superior
Categoría 4 Admin Contra	Baja	01/01/2012	30/06/2015	23/12/2014	Resolución Original	3040/11	Rector	Rectorado y Cons. Superior
Categoría 7 Admin Perman	Licencia	23/12/2014			Resolución Original	2279/14	Rector	Rectorado y Cons. Superior

Fig. 6. Consulta de Cargos de Autogestión.

En la figura 6, se visualizan los cargos actuales e históricos que conforman la carrera universitaria del agente.

<sup>54</sup> Un Job es un conjunto de instrucciones SQL en paquetes de datos (DTS), que se ejecutan de forma automática cada cierto intervalo de tiempo.

Fecha Presentación	Entidad Educativa	Tipo Título	Título	Fecha Otorgamiento
27/12/2016	Universidad de Buenos Aires	1 - 25% - AUT // NOD	Licenciado en Sistemas de Información	07/12/2016
06/01/2011	Escuela Secundaria Privada	4 - 17,5% categoría 7 - NOD	Bachiller	16/12/2005

**Fig. 7.** Consulta de Cargos de Títulos.

En la figura 7, se pueden consultar los títulos informados al sistema de Recursos Humanos.

Tipo y Nro. Doc.	Fecha Presentación	Parentesco	Apellido y Nombre	Sexo	Fecha Nacimiento	Edad	Discapacitado
DNI xxx	22/03/2012	Cónyuge	XXX	F	15/06/1988	28	No

**Fig. 8.** Consulta de Familiares.

En la figura 8, se ven los familiares declarados por el agente y su vínculo con el mismo.

Rectorado y Cons. Superior - Categoría 4 Admin Tempor

Busca: (Ej: 01/03 6 Rec)

[Ingresar pedidos médicos](#)

Num. llamado	Tipo de licencia	Estado	Desc. llamado	Fecha de llamada	Fecha de inicio	Fecha de reincorporación
262131	Licencia de Corto Tratamiento	Resuelto	Licencia por Enfermedad del Titular	22/12/2016	22/12/2016	24/12/2016
248857	No Atendido o No Válido	Resuelto	Licencia por Enfermedad del Titular	26/08/2016		
224094	-	Aprobado	Licencia por Enfermedad del Titular	21/01/2016		
214196	Licencia de Corto Tratamiento	Resuelto	Licencia por Enfermedad del Titular	05/10/2015	05/10/2015	06/10/2015
200916	Licencia de Corto Tratamiento	Resuelto	Licencia por Enfermedad del Titular	18/06/2015	18/06/2015	20/06/2015

Resultados 1-6 de 17

[Ingresado](#) - [Aprobado](#) - [Atendido](#) - [Resuelto](#)

**Fig. 9.** Consulta de Licencias por Enfermedad.

En la figura 9, se encuentra el registro de las licencias por enfermedad y su estado actual y un buscador que encuentra cualquier coincidencia. No es de menor importancia mencionar que desde esta sección, los agentes, pueden generar un trámite de pedido médico<sup>55</sup>. Antes solo podían llamar a la oficina de asistencia en un horario específico para dejar asentado la inasistencia por enfermedad; hoy existe la posibilidad de tramitarla online o llamar. El Portal de Recursos Humanos interactúa en línea con el sistema de Licencias por lo cual no entorpece con el camino administrativo del segundo. Se le informó al usuario del sistema de Licencias la manera de distinguir los pedidos online: el usuario se lo registró como “autogestión”.

Busca: (Ej: 01/03 6 Rec)

Fecha	Tipo Licencia	Tipo Cargo	Dependencia
07/12/2016	Trabajos Exteriores	Categoría 4 Admin Tempor	Rectorado y Cons. Superior
06/12/2016	Trabajos Exteriores	Categoría 4 Admin Tempor	Rectorado y Cons. Superior
05/12/2016	Compensatorio	Categoría 4 Admin Tempor	Rectorado y Cons. Superior
30/11/2016	Trabajos Exteriores	Categoría 4 Admin Tempor	Rectorado y Cons. Superior
29/11/2016	Día del No Docente	Categoría 4 Admin Tempor	Rectorado y Cons. Superior

Resultados 21-25 de 103

**Fig. 10.** Consulta de Licencias Laborales.

<sup>55</sup> Pedido medico: Trámite que se debe gestionar para avisar por enfermedad (del agente o familiar) a Recursos Humanos. Es necesario para que se admita en reconocimientos médicos. Éste es una oficina donde se va a justificar los días de ausencia por enfermedad.

En la figura 10, se muestran las licencias laborales ordenadas por la fecha más actual. También posee un buscador de las mismas características antes mencionadas.

Buscar: (Ej: 01/03 ó Rec)

Año	Tipo Licencia	Fecha Desde	Fecha Hasta
2016	Receso invernal	18/07/2016	22/07/2016
2015	Receso invernal	27/07/2015	31/07/2015
2015	Vacaciones	15/02/2016	05/03/2016

Resultados 1-3 de 3

**Fig. 11.** Consulta de Vacaciones.

En la figura 11, se ven las licencias anuales ordinarias ordenadas por año vencido y un buscador para agilizar la consulta.

Escalafon	Fecha Inicio Cargo	Fecha Antigüedad Relativa	Años	Meses	Días	Cant. años Liquidada
NOD	01/01/2012	01/01/2012	5	3	3	5

Resultados 1-1 de 1

**Fig. 12.** Consulta de Antigüedad

En la figura 12, se puede consultar la antigüedad por escalafón del agente. Todas las cabeceras de las consultas en grillas pueden ser ordenadas de manera ascendente o descendente.

Año:  Mes:

Abril

DO	LU	MA	MI	JU	VI	SA
						01
02	03	04	05	06	07	08
09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Datos del día 03 de Abril

Entrada	10:18
Salida	18:27

**Total de horas trabajadas 08:09**

- ✓ Fichaje consistente
- ✘ Fichaje inconsistente
- Trabajo menos de 6:45 horas
- ▲ Ausencia de fichajes
- ▲ Días feriados
- ▲ Justificación cargada



Total de horas trabajadas en el mes de Abril: 08:09

**Fig. 13.** Consulta de Marcaje Horario.

En la figura 13, se visualiza un calendario del mes vigente donde se podrá consultar los marcajes de entrada y salida por día y sus inconsistencias como por ejemplo ausencia de fichaje o un trabajo de menos de 6.45 horas. Además se pueden buscar años y fechas anteriores.

Detalles de haberes Periodo marzo 2017	↓
Detalles de haberes Periodo febrero 2017	↓
Detalles de haberes Periodo enero 2017	↓
Detalles de haberes Periodo diciembre 2016	↓
Detalles de haberes Periodo noviembre 2016	↓

[← Anterior](#)   [Siguiente →](#)

**Fig. 14.** Consulta de Detalle de Haberes.

En la consulta de Detalle de Haberes (figura 14) se ofrece la posibilidad de descargar en .pdf los últimos doce detalles de haberes. Por ultimo existe la opción de guardar en .pdf la credencial de la ART, facilitando la distribución de la misma.

### 3 Especificaciones Técnicas

#### 3.1 Aplicación

Para llevar a cabo la construcción del Portal de Recursos Humanos, la coordinación se inclinó por utilizar una plataforma de colaboración Microsoft Sharepoint 2013. Se la ha seleccionado debido que permite al usuario final una administración autónoma de contenidos a través de una interfaz amigable donde se pueden arrastrar y soltar archivos en bibliotecas de documentos, editarlas, tener vistas previas, compatibilidad con aplicaciones Microsoft Office, proporcionar entornos seguros para los administradores, perfiles personalizados, tener espacios de trabajo colaborativo y usar listas para ingresar registros.

La arquitectura de software de autogestión es MVC (modelo-vista-controlador) y es utilizada por prácticamente todos los framework. En este caso el mismo fue Microsoft .NET debido a la compatibilidad con las herramientas que utilizamos. Las aplicaciones que se comunican entre sí lo hacen por medio de la web api<sup>56</sup> y esto genera un ahorro de tiempo ya que éstas consumen los datos de la misma. Además evita que haya inconsistencia entre el funcionamiento de las distintas aplicaciones para una misma función. La comunicación de la web api con la aplicación web de autogestión se hace mediante Json por el protocolo HTTP. Como primera medida de seguridad se usa HTTPS para que los datos viajen de manera cifrada por internet y así nadie puede interceptar los paquetes y visualizar el contenido.

<sup>56</sup> Web API es un marco que facilita la creación de servicios HTTP disponibles para una amplia variedad de clientes, entre los que se incluyen exploradores y dispositivos móviles

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas

Framework	Microsoft .NET 4.5
Patrón de arquitectura de software	MVC (model-view-controller)
Motor de vistas	Razor
Aplicación REST	ASP.NET Web api

### 3.2 Sistema de Autenticación y Autorización

Como método de autenticación y autorización se decidió incorporar el sistema Portal de Recursos Humanos al Proveedor de Identidad<sup>57</sup> (WSO2IS), el cual permite a los usuarios mediante procedimientos de SSO (Single Sign-On) acceder a los portales con los que ya cuenta la CGTIC.

Para intercomunicarse ambos sistemas en la actualidad se utiliza el protocolo WS-Federation (Passive) Configuration debido a su soporte nativo en aplicaciones ASP.NET, pero no es el protocolo que nos permite cumplir con los estándares de seguridad requeridos, ni se consiguieron los mejores resultados buscados, ya que solo es compatible con un solo browser (Chrome) y no funciona correctamente el logout entre otros problemas detectados.

Actualmente en los ambientes de test y desarrollo se está implementando una versión de prueba de la librería oficial del protocolo SAML<sup>58</sup> 2.0 de la empresa ComponentSpace<sup>59</sup> para ASP.NET (el trial dura 30 días), se decidió la utilización de este protocolo por cumplir con los estándares de seguridad requeridos para un sistema de autenticación y autorización de identidades y además por solucionar problemas de compatibilidad con los diferentes navegadores, con los tiempos de sesión, con el logout y también con la redirección luego de hacer logout, todos problemas que se encontraron con la utilización del protocolo WS-Federation (Passive) Configuration.

También cabe comentar que para el efectivo funcionamiento del protocolo SAML 2.0 en las aplicaciones desarrolladas en ASP.NET, se debe contar con la librería full, la cual también es comercializada por la empresa ComponentSpace y es necesario gestionar su compra en una etapa posterior del proyecto.

La CGTIC implementó su sistema de SSO basado en el software open source con licencia “Apache Software License Version 2.0” llamado WSO2 Identity Server que entre otros protocolos que soporta se encuentran, pero no se limitan, WS-Federation (Passive) Configuration y SAML 2.0 que eran requisitos necesarios para comenzar el proyecto, también se probó otra solución de SSO llamada CAS (Central Authentication Service) pero que no se ajustaba a las necesidades del proyecto. WSO2IS es una solución simple de instalar y configurar cumpliendo con los

<sup>57</sup> Un proveedor de identidad es un proveedor de confianza que le permite utilizar el inicio de sesión único para acceder a otros sitios Web.

<sup>58</sup> SAML (Security Assertions Markup Language) es un entorno basado en XML para servicios Web que permite el intercambio de información de autorización y autenticación entre diferentes sitios Web.

<sup>59</sup> <http://www.componentspace.com/Products.aspx>

requisitos previos, con una interface gráfica web de administración amigable para el administrador y en la que se pueden configurar todos los Service Provider, los Claims, los Usuarios y Roles locales y de los diferentes contenedores externos (en el caso del Portal de Recursos Humanos son directorios LDAP).

WSO2 Identity Server es un sistemas centralizado de autenticación y autorización (Single Sign-On), el cual le presenta una interfaz web al usuario que le permite ingresar sus credenciales digitales personales (Usuario y Password) para que luego el sistema pueda realizar la verificación de autenticación ante el directorio LDAP, y así acceder a los diferentes portales que son incorporados y pasan a delegar la gestión de las identidades de una forma segura y confiable. Asimismo sus cuentas son autorizadas con los niveles correspondientes de acceso para cada tipo de usuario en particular según los atributos que son devueltos de los directorios LDAP al Identity Provider.

### 3.3 Arquitectura del SSO (Single Sign-On)

La arquitectura del SSO (Single Sign-On) está compuesta por dos servidores virtuales con linux debian en modo clúster para el WSO2IS y un servidor virtual con linux debian para el PWM.

El flujo del sistema de SSO es iniciado por el SP (Service Provider), el usuario comienza en el sitio <https://rrhh.uba.ar> y, en lugar de iniciar sesión en el sitio <https://autogestion.rrhh.uba.ar> (SP), se inicia SSO con el IdP (Identity Provider), que en el caso del Portal de Recursos Humanos es <https://auth.rec.uba.ar>.

El diagrama de la figura 15 siguiente describe el flujo SSO iniciado por SP.

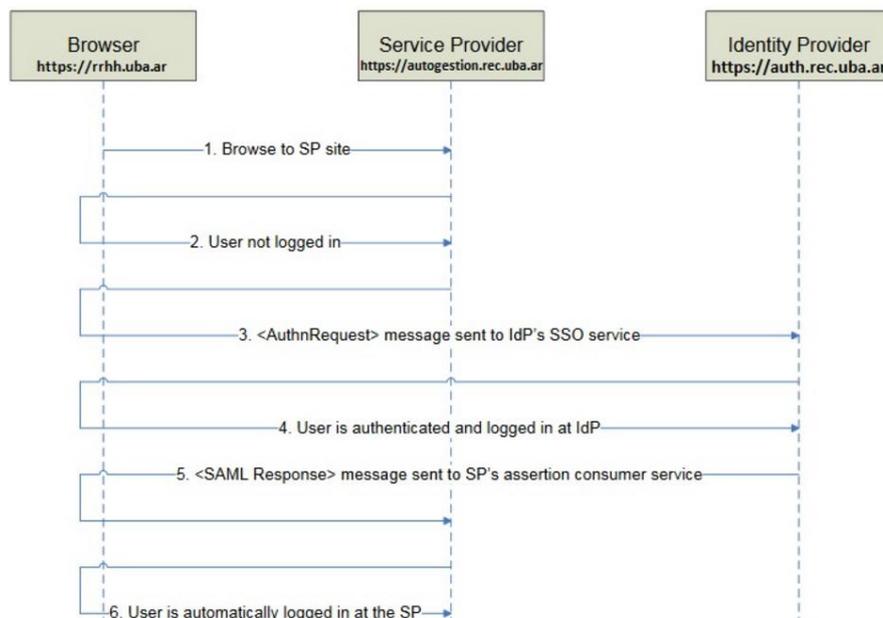


Fig. 15. SP inicializando SSO.

La explicación del diagrama es el siguiente:

1. El usuario navega el sitio <https://rrhh.uba.ar> desde su Browser.
2. Si intenta acceder a la página protegida <https://autogestion.rrhh.uba.ar> (SP) se le requiere autenticación.
3. El SP envía una solicitud de autenticación al punto final del servicio SSO del IdP.
4. Si aún no está autenticado en el IdP, debe presentar sus credenciales y loguearse en el portal <https://auth.rec.uba.ar> del IdP.
5. El IdP envía una respuesta SAML que contiene una aserción SAML al SP.
6. El SP utiliza la información contenida en la afirmación SAML, incluyendo el nombre del usuario y los atributos asociados, y realiza un inicio de sesión automático

A continuación se detallan los componentes más significativos del WSO2IS que son utilizados en la implementación del sistema de SSO de la CGTIC, destacando cuales son utilizados en el proyecto del Portal de Recursos Humanos, siendo el caso de:

- Soporte para Identity Provider y Service Provider (Service Provider)
- Soporte para diferentes Protocolos (WS-Federation (Passive) Configuration y SAML 2.0)
- Soporte para diferentes Repositorios de Usuarios (LDAP)
- Soporte para atributos de usuarios (Claims)

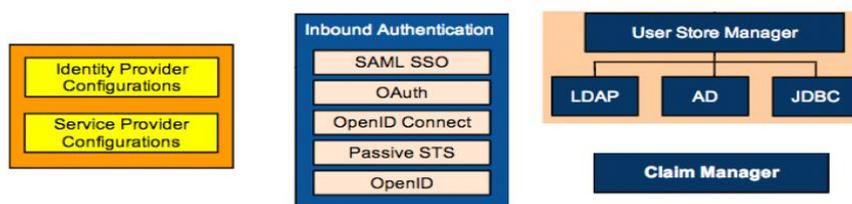


Fig. 16. Principales Componentes de WSO2IS.

### 3.4 Base de Datos:

Las bases de datos utilizadas en la implementación del proyecto fueron:

1. Microsoft SQL Server
2. MySQL
3. Ldap

Autogestión y Microsoft Sharepoint (Portal de Recursos Humanos) utiliza una plataforma de base de datos relacionales Microsoft SQL Server. Los datos de las

consultas de la instancia privada provienen del sistema de Recursos Humanos y éste fue diagramado en la herramienta de Microsoft por lo tanto por compatibilidad, las tablas nuevas de autogestión también. En cuanto a Microsoft Sharepoint, si bien es posible acceder a su base, no es recomendado por el prestador de servicio. El usuario final se maneja con listas, repositorios de imágenes, videos, páginas wiki<sup>60</sup> y artículos. WSO2IS utiliza MySQL como sistema de gestión de base de datos relacionales (RDBMS<sup>61</sup> del Inglés Relation Database Management Systems), la implementación del software es en modo clúster, es por ello que cada uno de los nodos tendrá una base de datos de registros locales y otra base de datos central para soporte de registro de configuración y gobernanza que será compartida por todos los nodos.

Database Name	Description
WSO2_USER_DB	JDBC user store and authorization manager
REGISTRY_DB	Shared database for config and governance registry mounts in the product's nodes
REGISTRY_LOCAL1	Local registry space in the manager node
REGISTRY_LOCAL2	Local registry space in the worker node

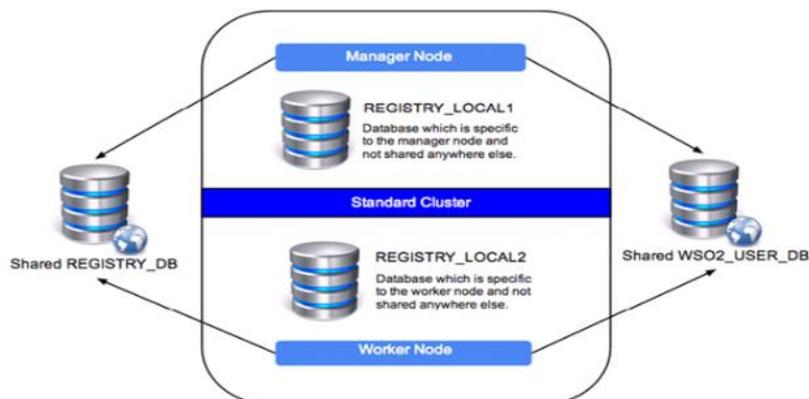


Fig. 17. Esquema de Bases de Datos de WSO2IS en Cluster.

LDAP<sup>62</sup> es un directorio que contiene información de forma jerárquica y categorizada, que puede incluir nombres, fechas y otros datos.

Las mayores ventajas de LDAP sobre las bases de datos relacionales son: rapidez en la lectura de registros, permitir replicar el servidor de forma muy sencilla y

<sup>60</sup> Páginas Wiki son páginas web cuyo contenido puede ser editado por múltiples usuarios desde cualquier navegador.

<sup>61</sup> RDBMS es un programa que te permite crear, actualizar y administrar una base de datos relacional. La mayoría de los RDBMS comerciales utilizan el lenguaje de consultas estructuradas (SQL) para acceder a la base de datos, aunque SQL fue inventado después del desarrollo del modelo relacional y no es necesario para su uso.

<sup>62</sup> LDAP ("Lightweight Directory Access Protocol"), Protocolo de Acceso Ligero a Directorios es un protocolo de tipo cliente-servidor para acceder a un servicio de directorio. Este se encuentra condensado en el estándar de Internet, el RFC 1777.

económica, dispone de un modelo de nombres globales que asegura que todas las entradas son únicas, usa un sistema jerárquico de almacenamiento de información, permite múltiples directorios independientes y funciona sobre TCP/IP y SSL.

En un primer momento se hizo una migración masiva de los datos almacenados en la base de datos relacional SQL Server del sistema de Recursos Humanos y en la actualidad se alimenta de las novedades de alta de cargo del mismo.

La finalidad del servidor LDAP es almacenar los usuarios y sus grupos de membresía para autenticar el Portal de Recursos Humanos. Se creó una estructura que parte de la base de nuestro directorio, la cual cuenta con una unidad organizativa denominada aplicaciones, para almacenar los grupos de usuarios y otra unidad organizativa llamada personas para almacenar a los usuarios. La organización de grupos de membresía es importante para la seguridad de la información para cada dependencia. Es decir, un usuario de la mesa de ayuda de una dependencia únicamente puede ver a los agentes de su misma dependencia.

### 3.5 Seguridad

El portal de Recursos Humanos cuenta con varias medidas de seguridad, la primer medida es la que protege por medio de un certificado digital SSL<sup>63</sup> (Secure Socket Layer) para cada uno de los sitios que componen el sistema completo: <https://rrhh.uba.ar>, <https://autogestion.rrhh.uba.ar> (autogestión), <https://auth.rec.uba.ar> y <https://usermanager.rec.uba.ar:8443> (PWM), y sirve para brindar seguridad a los visitantes, es decir una manera de informarles que el sitio es auténtico, real y confiable para ingresar datos personales.

Con lo explicado anteriormente se puede visualizar que la ventaja que trae para el Portal de Recursos Humanos el Certificado Digital SSL, desde el momento que el visitante puede entender que la transmisión de sus datos se está realizando de forma encriptada a través de internet que es un medio no seguro, y así confirmar que sus datos están libres de personas no deseadas.

---

<sup>63</sup> SSL es un protocolo de seguridad que permite que los datos viajen entre el servidor y el usuario y de modo inverso de una forma íntegra y segura, los datos no serán transmitidos en texto plano sino que serán cifrados o encriptados.

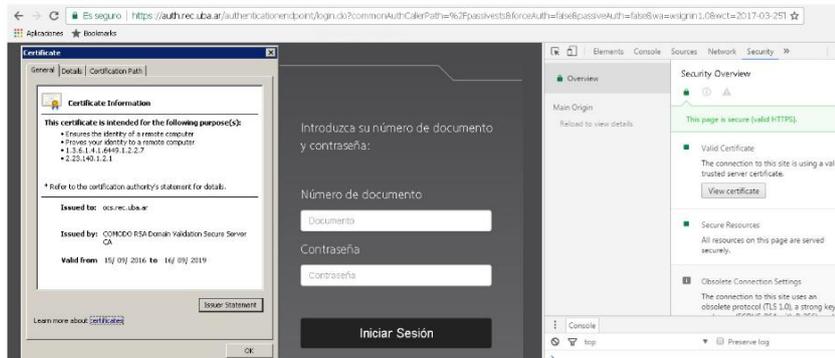


Fig. 18. Url de “Tu Cuenta UBA” con SSL y vista del Certificado.



Fig. 19. Url del “Portal de Recursos Humanos” con SSL.



Fig. 20. Url de “Autogestion” con SSL.



Fig. 21. Url de “Tu Cuenta Portal” con SSL.

Como segunda medida de seguridad “Tu Cuenta Portal” (PWM) utiliza el sistema de reCaptcha<sup>64</sup> ofrecido por Google, con ello se intenta proteger contra el Spam y las entradas no autorizadas al solicitar completar una simple prueba que demuestre que es un humano y no un ordenador quien intenta acceder a una cuenta protegida con contraseña.

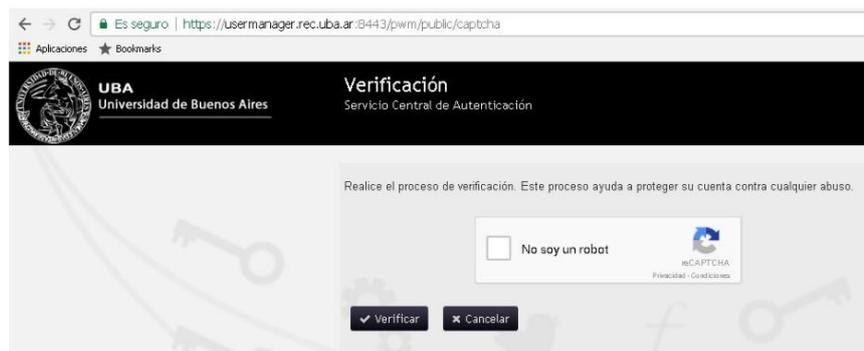


Fig. 22. “Tu Cuenta Portal” Sistema de reCaptcha.

<sup>64</sup> Un CAPTCHA (test de Turing público y automático para distinguir a los ordenadores de los humanos, del inglés "Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart") es un tipo de medida de seguridad conocido como autenticación pregunta-respuesta.

La seguridad del protocolo es muy importante ya que se encuentra presente al momento en el que el usuario se está autenticando y las especificaciones SAML recomiendan, y en algunos casos requieren una variedad de mecanismos de seguridad:

- SSL 3.0 o TLS 1.0 para la seguridad de nivel de transporte
- Firma XML y [Encriptación XML](#) para la seguridad a nivel de mensaje

Los requisitos son a menudo formulados en términos de autenticación (recíproca), integridad y confidencialidad, dejando la elección de mecanismo de seguridad para ejecutores e implementadores.

### 3.6 Infraestructura de Servidores

La infraestructura de Servidores es totalmente virtual con tecnología Vmware Esxi 5.5 y se destinaron los siguientes recursos:

Nombre	SO	Memoria	CPU		Storage
			vcpu	Procesador	
Sharepoint1.rec.uba.ar	Windows Server 2012 R2 Std	12	6	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	80GB
Sharepoint2.rec.uba.ar	Windows Server 2012 R2 Std	12	6	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	80GB
Sharepointdb1.rec.uba.ar	Windows Server 2012 R2 Std	14	12	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	155GB
Sharepointdb2.rec.uba.ar	Windows Server 2012 R2 Std	14	12	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	155GB
Sharepointtestigo.rec.uba.ar	Windows Server 2012 R2 Std	3	2	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	40GB
Autogestionw.rec.uba.ar	Windows Server 2008 R2 Ent	6	4	Intel® Xeon® CPU X5650 @ 2.67GHz	50GB
webwinext1.rec.uba.ar (web api)	Windows Web Server 2008 R2	6	4	Intel® Xeon® CPU E5530 @ 2.4GHz	60GB
prismadb.rec.uba.ar	Windows Server 2008 R2 Ent	18	8	Intel® Xeon® CPU E5-2680 @ 2.7GHz	650GB

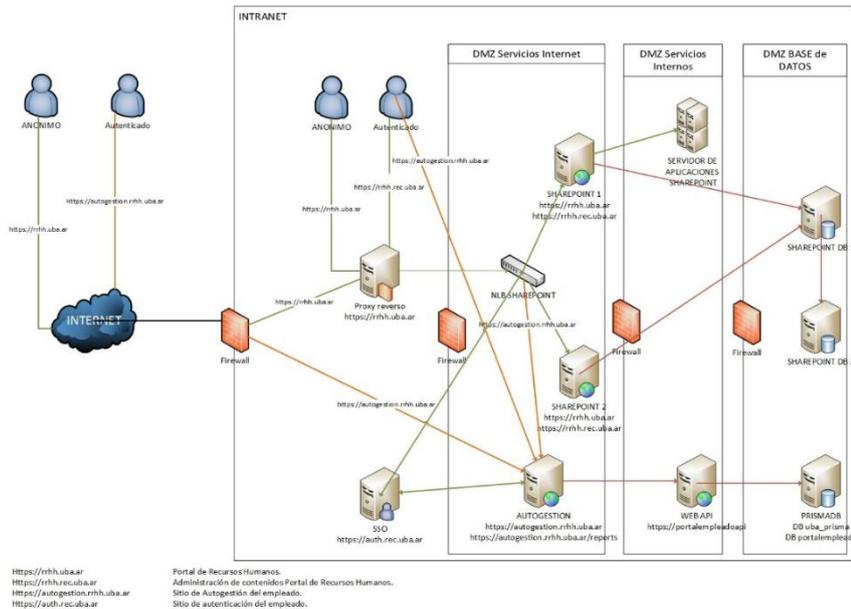
**Fig. 23.** Detalle de recursos servidores.

La granja de SharePoint 2013 Server instalada con Sistema Operativo Windows Server 2012 R2 standar consta de dos front-end, un balanceador de carga, un servidor de aplicaciones y dos Servidores de datos SQL SERVER 2014 espejados. Se aplicó esta redundancia para asegurar la disponibilidad del servicio ante tareas de mantenimiento y contingencias. La infraestructura dedicada a SharePoint no es exclusiva del Portal de Recursos Humanos debido a que brinda servicios a diversos proyectos de Tecnologías de información y comunicaciones como sitios, sitios colaborativos, aplicaciones de inteligencia de negocios, servicio centralizado de proyectos, versionado de aplicaciones, etc.

Se configuraron tres rutas de acceso para este sitio con los siguientes proveedores de autenticación:

1. rrrh.rectorado.universidadba, destinada al acceso de administradores de Infraestructura, proveedor de autenticación Dominio de Active Directory.
2. rrrh.uba.ar, destinada para el acceso de empleados de la UBA. Acceso Anónimo.
3. rrrh.rec.uba.ar, destinada a administradores de contenidos, Proveedor de autenticación SSO.

El sitio autogestión.rec.uba.ar se implementó en un servidor web y de reportes dedicado con Windows Server 2008 r2, IIS 7.0 y SQL 2008 r2 Reporting Services, el acceso a las bases de datos se realiza a través de una web api ubicada en otro servidor con Windows Server 2008 r2 y IIS 7.0, esta web api accede a las bases de datos con permisos exclusivos de lectura escritura sobre la base de datos “portalemployado” y



solo de lectura a tablas específicas de la base de datos “UBA\_PRISMA”.

Fig. 24. Diagrama de Servidores.

## 4 Herramientas y Metodología Utilizada

### 4.1 Herramientas de trabajo

En cuanto a herramientas de trabajo se pueden separar entre las utilizadas dentro de cada área y las de interacción entre ellas. El uso de las minutas de reunión tanto con el usuario solicitante como entre los miembros del equipo ha sido de gran utilidad ya que son fuente de relevamiento para la generación de funcionalidades, para comprender los requerimientos y llegar a acuerdos. El análisis funcional quedó asentado en los casos de uso hechos en Microsoft Word, junto con el informe de la base de datos y sus relaciones en Microsoft Visio. Estos se guardaron en una carpeta compartida en el directorio interno de la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC). La vía formal para informar al área de desarrollo un requeriment o un bug es a través de la herramienta Team Web Access

2010. La manera informal es por el correo electrónico interno por Microsoft Outlook y el chat interno Microsoft Lync. El uso de Microsoft SQL server 2012 y el Visual Studio 2013 para el desarrollo de autogestión por parte del área de desarrollo, el apache Directory Studio para la conexión con los directorios ldap (Desarrollo, Test y Producción), Sharepoint Designer 2013 para la parte pública del portal. Para el contacto entre las diferentes áreas de infraestructura, seguridad informática, infraestructura en linux, infraestructura en Windows, área funcional y área de desarrollo se utilizó el sistema de administración de Solicitudes técnicas desarrollado por la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC) llamado CIMA.

#### **4.2 Metodología de trabajo**

A lo largo del proyecto se ha incentivado la realización de reuniones periódicas con el objetivo de exponer los avances, dudas, inconvenientes, nuevos requerimientos, verificar las necesidades y facilitar la comunicación entre los miembros del equipo. La comunicación inter-áreas fue continua a través de los diferentes medios formales e informales mencionados en el punto anterior.

Se realizaron reuniones de colaboración y comunicación con los usuarios finales para relevar los requisitos, mostrar avances utilizando prototipos, definir prioridades del proyecto y estimar los tiempos de ejecución. Con la idea de mejorar la productividad y la calidad del Portal, el equipo analizó su modo de trabajo en los siguientes aspectos:

- Si el desarrollo de la solución funcionó bien.
- Si los entregables cumplieron las expectativas.
- ¿Cuál fue el feedback del usuario?
- Si la metodología adoptada fue eficiente.
- ¿Cuáles aspectos hay que mejorar?
- ¿Cuáles son los obstáculos que impidieron progresar?
- ¿Qué se ha aprendido en cada instancia del proyecto?

La modalidad utilizada permitió la sinergia del equipo; el aprendizaje sistemático fomentó la motivación de los miembros los cuales participaron en la mejora constante de la productividad y calidad del proyecto; la toma de decisiones en las distintas etapas fue consensuada y sostenible, esto ayudó a disminuir los obstáculos que se presentaron a lo largo del desarrollo; los resultados se pudieron visualizar en el corto plazo.

#### **4.3 Difusión del Proyecto**

La difusión del Portal se realizó por la DGRH con la ayuda de CGTIC. Una vez implementada la solución, se convocaron a los referentes de las Áreas de RRHH de

las Unidades Académicas y Dependencias Hospitalarias a una reunión para la presentación formal de la herramienta. Se realizaron talleres de capacitación para saciar las inquietudes de algunos representantes y formar los enroladores designados quienes habilitan los agentes para que puedan ingresar a autogestión y a la mesa de ayuda. También se desarrolló un video de presentación con las indicaciones necesarias para autogestionar la activación del usuario, se subió en “Preguntas Frecuentes” un instructivo para el uso del Portal que se puede descargar en .pdf o leer online. Al día de hoy hubo poca difusión por parte de las dependencias, a excepción Rectorado y Consejo superior donde más se utiliza.

## 5 Perspectivas a Corto y Mediano Plazo

En el corto plazo, nuestra perspectiva es que su implementación sea de uso masivo en toda la universidad, impulsar el crecimiento gracias al aporte de todos los no docentes, docentes y autoridades y fomentar el intercambio constante a través de las instancias virtuales como facebook, twitter y el correo electrónico de la DGRH. Se desea incorporar la edición de datos de contacto personal, de familiares y de títulos (para que luego sean aprobados por la Dirección de Recursos Humanos de su dependencia); la inclusión de la consulta al formulario 649<sup>65</sup> y de la correcta visualización en los distintos navegadores además de Google Chrome como por ejemplo Mozilla Firefox, internet explorer, Safari, etc.

En una instancia futura se planifica la incorporación de una ventanilla virtual que permitirá solicitar un trámite como por ejemplo un certificado de antigüedad a la Dirección de Recursos Humanos y poder hacer el seguimiento del mismo. Además, se proyecta desarrollar un aula virtual para la administración de contenido de los cursos de capacitaciones de docentes y no docentes que en el presente se gesta durante el año.

A un plazo más largo, se integrará la ventanilla virtual con el proyecto de firma digital automatizada para que el agente solicite trámites y pueda obtener los certificados firmados por la autoridad competente. Esto implicaría flexibilidad horaria, inmediatez y una reducción del uso de papel.

## 6 Conclusiones

En Diciembre de 2016 se implementó el Portal de Recursos Humanos de la Universidad de Buenos Aires estableciendo un nuevo canal de comunicación en línea entre la Universidad y sus docentes, no docentes y autoridades en un contexto de

---

<sup>65</sup> Dicho Formulario es un resumen informativo del Año Fiscal anterior en donde se muestran las remuneraciones brutas, deducciones y retenciones sufridas en el Impuesto a las Ganancias. El Formulario sirve, en caso de corresponder, para confeccionar la Declaración Jurada del Impuesto a los Bienes Personales y del Impuesto a las Ganancias, según Resolución General AFIP N° 3839/2016. La AFIP es la Administración Federal de Ingresos Públicos. Se encarga principalmente de aplicar, cobrar e inspeccionar los tributos (ingresos públicos) de todo nuestro país y de controlar el tráfico internacional de mercaderías.

innovación que posibilitan las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Universidad del Siglo XXI.

El Portal de Recursos Humanos propone un punto de encuentro, de participación y colaboración con la intención de mejorar el servicio en un nuevo paradigma de gestión de los Recursos Humanos. El proyecto contempla diferentes fases de implementación, incorporando en cada una servicios que actualmente no están disponibles.

Si bien el Portal de Recursos Humanos está productivo entendemos que aún nos falta desarrollar más funcionalidades además de las previstas puesto que las necesidades del personal y de la institución son más abarcativas. Durante el transcurso del proyecto, el equipo se ha visto con diferentes obstáculos tanto funcionales como técnicos. En el aspecto técnico, el inconveniente dado fue el del cambio del protocolo de WS-Federation por SAML 2.0 que implicó modificar parte ya desarrolladas del sistema de Portal de Recursos Humanos por parte del equipo de desarrollo y la creación de nuevos Services Providers en el WSO2IS para SAML 2.0 por parte del equipo de Seguridad Informática y que puedan interactuar entre el Service Provider (SP) y el Identity Server (Idp). Esta decisión fue tomada debido a que SAML 2.0 cumple con los estándares de seguridad requeridos para un sistema de autenticación y autorización de identidades y además soluciona problemas de compatibilidad con los diferentes navegadores (permite el uso correcto del Portal en otros navegadores además del Google chrome) con los tiempos de sesión, con el logout y también con la redirección luego de hacer logout. La problemática funcional fue dada por la resistencia al cambio que manifestaron algunas dependencias al momento de ser difundido el proyecto. Las dudas recayeron en la funcionalidad y el pensamiento de que la herramienta era una manera de reemplazar las labores del personal. El temor fue disipado de manera inmediata al comunicar que el sistema sirve como un apoyo al trabajo y no como un reemplazante. En la actualidad, hay 2627 usuarios habilitados que pueden utilizar el servicio brindado por el portal; la cantidad de trámites de pedidos médicos es de 205.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Lic. Sandra Barrios, Directora General de Sistemas Administrativos, Económicos y Legales de la UBA, por su aporte y participación en la puesta en marcha del Portal de Recursos Humanos y en el desarrollo de este trabajo.

## Referencias

1. WSO2 Identity Server, <http://wso2.com/identity-and-access-management>
2. SAML v2.0 for ASP.NET, <http://www.componentspace.com/SAMLv20.aspx>
3. CAS (Central Authentication Service), <https://apereo.github.io/cas/5.0.x/index.html>
4. Google reCaptcha, <https://www.google.com/recaptcha/intro/invisible.html>
5. Security Assertion Markup Language, [https://es.wikipedia.org/wiki/Security\\_Assertion\\_Markup\\_Language](https://es.wikipedia.org/wiki/Security_Assertion_Markup_Language)
6. Sharepoint 2013, <https://technet.microsoft.com/en-us/library/cc303422.aspx>

7. Model-View-Controller, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff649643.aspx>
8. AFIP, <http://www.afip.gob.ar/sitio/externos/>  
*Microsoft SharePoint es Marca Registradas de Microsoft.*



## Desarrollo de un marco de trabajo (framework) para el desarrollo de aplicaciones web en la Universidad Nacional de Costa Rica

Erick Núñez Navarrete <sup>a</sup>, Darío Ríos Navarro <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Costa Rica, Profesional Analista del Centro de Gestión Informática CGI, Departamento de Tecnologías de Información DTIC, Av .1 Calle 9. Campus Omar Dengo.  
[erick.nunez.navarrete@una.cr](mailto:erick.nunez.navarrete@una.cr)

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Costa Rica, Profesional Ejecutivo en Desarrollo Tecnológico del Centro de Gestión Informática CGI, Departamento de Tecnologías de Información DTIC, Av .1 Calle 9. Campus Omar Dengo.  
[dario.rios.navarro@una.cr](mailto:dario.rios.navarro@una.cr)

**Resumen.** El auge de la tecnología y el desarrollo de herramientas orientadas a la web, han identificado que Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) debe contar con mejores sistemas que solventen las necesidades de integración que tienen uno de sus sistemas heredados, con el cual se cuenta actualmente, así como otros sistemas, implementados en otros lenguajes, especialmente aquellos que están orientados a la gestión administrativa. Para ello fue necesario, detectar en esta institución, si el desarrollo se supliría de manera interna, por medio de adquisición o de una forma híbrida. Dada una serie de experiencias por las cuales ya se había pasado, previamente; se considera la necesidad de desarrollar e implementar un software empresarial que facilite el desarrollo de muchos programadores y les brinde las herramientas que requieran a un mayor grado de simplicidad y estandarización. El framework SDKUNA (Software Development Kit de la UNA) construido y mejorado por algunos de los desarrolladores del Centro de Gestión de Informática (CGI) cuenta con una arquitectura integral que ha permitido facilitar la implementación y ha brindado una alternativa a los programadores del área para integrar los diferentes sistemas que tiene la institución. Dicho framework, que ha requerido mucho trabajo, análisis y pruebas, está mejorando el proceso de creación de aplicaciones web que tiene la Universidad Nacional de Costa Rica, y se espera que su expansión hacia otras instancias, permita crear el grado de madurez y homogeneidad que actualmente se requiere a nivel institucional.

**Palabras Clave:** UNA, SDKUNA, Universidad Nacional, framework, integración.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Gestión.

### 1 Introducción

Con el avance del internet, y el progreso de las tecnologías de la información y la comunicación, la evolución que ha tenido el desarrollo de software en aplicaciones web dio un giro diferente conforme a lo que se estaba acostumbrado a ver en aplicaciones de escritorio. En los inicios del internet, la web era sencillamente una colección de páginas estáticas, documentos, etc., para consulta o descarga. El paso inmediatamente posterior en la evolución fue la inclusión de un método para elaborar

páginas dinámicas que permitieran que lo mostrado tuviese carácter dinámico [1]. Esto dio hincapié al nacimiento de lo que se llamaría posteriormente aplicaciones web, que permitió que un tipo especial de aplicación cliente/servidor, donde tanto el cliente (el navegador) como el servidor (el servidor web) y el protocolo mediante el que se comunican (HyperText Transfer Protocol (HTTP)) estuvieran estandarizados [2], y además integren el uso de scripts que permitan la interacción dinámica entre el cliente y el servidor, donde se implemente el modelo de negocio conocido [3].

La Universidad Nacional de Costa Rica, continúa teniendo algunas de sus sistemas bajo el modelo de mainframe, y cuando hablamos de mainframe u ordenador central nos estamos refiriendo a ordenadores muy potentes y caros usados principalmente para el procesamiento de grandes cantidades de datos [4], modelo mediante el cual se trabajaba con diferentes sistemas haciendo uso del lenguaje de programación COBOL [5]. Estos sistemas, aunque son muy robustos, son de difícil mantenimiento y debido al manejo de instrucciones mediante códigos que los usuarios con mayor experiencia conocen. Sin embargo, los nuevos colaboradores que ingresan a la institución, aunque se capacitan en el uso de estos sistemas, tienen una curva de aprendizaje alta. Y el desarrollo de aplicaciones web en el mercado, da a los usuarios una visión moderna de lo que se puede hacer por el desarrollo de sistemas en estos tiempos. No obstante, el departamento de tecnologías de la información y la comunicación (DTIC) de esta universidad, está consciente de que debe impulsar los procesos de mejora en el área de las TICs, con el fin de dar mejores soluciones informáticas a la institución, brindando soluciones que se adapten a las necesidades actuales de la institución.

### **1.1 ¿Qué es un framework?**

El concepto framework se emplea bajo muchos ámbitos del desarrollo de sistemas software, no solo en el ámbito de aplicaciones web. Podemos encontrar frameworks para el desarrollo de aplicaciones médicas, de visión por computador, para el desarrollo de juegos, etc. Pero una definición de un framework web es una estructura de software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de una aplicación. Se puede considerar como una aplicación genérica incompleta y configurable a la que podemos añadirle las últimas piezas para construir una aplicación concreta [6].

El presente artículo da a conocer, el desarrollo e implementación de un framework para aplicaciones web mediante el uso de múltiples tecnologías, que está permitiendo a los administrativos y desarrolladores de la institución, definir un nuevo modelo de trabajo más estandarizado para los programadores del área, y mostrando a los usuarios finales, un producto más duradero, con una interfaz mucho más amigable, moderno y orientado a satisfacer las necesidades que actualmente se requieren en los procesos administrativos de la Universidad Nacional de Costa Rica.

## **2 Antecedentes**

### **2.1 Necesidad de mejorar la integración de los procesos de gestión administrativa.**

Una de las principales necesidades que ha acarreado el desarrollo de sistemas en la Universidad Nacional, es que, debido a la adquisición y desarrollo de diferentes plataformas, con el paso de los años, se ha dificultado la correcta integración de cada uno de los sistemas heredados con otros sistemas soportados en otros lenguajes de programación. Otras facultades de la institución, han optado por generar sus propios sistemas, bajo diferentes estándares de programación, para su uso propio. Lo cual no permitía tener una única herramienta de programación que permitiera integrar los rinda un sistema llamado NX, que corresponde a un sistema heredado [7], que aunque es robusto, lo cierto es que muchos de líderes de TI no piensan tener estos sistemas en sus empresas toda la vida, por eso están buscando la manera de romper esas cadenas del pasaprosos de la organización.

Como la mayoría de sistemas administrativos, se han desarrollado bajo el modelo que bdo para obtener mejores resultados, optimización de procesos y servicios [8]. Por estas razones, se buscaba hacerse una inversión en un sistema que cumpliera con las condiciones de un software moderno y adaptado a las necesidades de la institución.

### **2.2 Dificultad en el mercado para encontrar desarrolladores en sistemas heredados**

Con el avance de las tecnologías y la integración de los proyectos a la web y a la nube [9], también se ha diversificado el tipo de desarrollador necesitado en el ambiente laboral. La mayoría de los colegios y las universidades ya no están enseñando COBOL, sino que están a favor de nuevos lenguajes como Java, C ++, UNIX y Linux, y, por lo tanto, Cobol y habilidades como la unidad central son un bien escaso [10].

Los sistemas como NX que actualmente tiene la Universidad Nacional, corresponden a un lenguaje de programación COBOL, y como se identificó anteriormente, se dificulta más encontrar desarrolladores en este lenguaje. Por esa razón, los desarrolladores que fueron pioneros en el proyecto, debieron analizar además de las herramientas tecnológicas, que eventualmente deberían contratar personal que tuviera conocimiento en tecnologías modernas, para la construcción de este framework web.

### **2.2 Proyecto SIGESA**

El proyecto SIGESA (Sistema de Gestión Administrativa) nace como una necesidad de la institución de crear aquella integración, que en ese momento no estaba solventada por los sistemas actuales.

El objetivo principal del proyecto SIGESA es analizar, rediseñar, automatizar e implementar, con base en el proceso de Planificación Operativa Institucional, los procesos de los Programas de Gestión Financiera, Proveeduría Institucional y Desarrollo de Recursos Humanos con el fin de optimizar los recursos, mejorar los servicios con orientación al usuario y contribuir con la toma de decisiones institucionales [1].

Mediante un estudio de factibilidad realizado para el proyecto, se orientó a determinar el método de automatización de los procesos rediseñados e implementados, dando como resultado una de las posibles opciones [11]:

- Adquisición
- Desarrollo Interno
- Adquisición y Desarrollo Interno

La universidad Nacional ya previamente había experimentado un proceso de adquisición con el proyecto Banner, sin embargo, una de las problemáticas que ha tenido el sistema es su falta de integración con otros sistemas, como con el programa de gestión financiera, la administración de recursos humanos y otros registros de transacciones [12]. Aparte, se identificó que una de las situaciones que tenían descontentos a algunos usuarios, es que el soporte dependía de una empresa internacional, que es una dependencia que se tenía del sistema [12].

Por lo cual, se verificó que para el proyecto SIGESA, era conveniente investigar sobre algunas herramientas para hacer un desarrollo interno, que fuera llevado a cabo por los mismos analistas y programadores del área, donde ellos mismos pudieran efectuar el soporte, y además pudieran hacer análisis de los requerimientos internos de la institución, sin la necesidad de otros proveedores externos.

### **3 Desarrollo e implementación del Framework SDKUNA**

El framework SDKUNA (Software Development Kit – UNA) satisface las necesidades que en este momento tiene la Universidad Nacional, dándole una forma estandarizada de trabajo. En sus inicios, se buscó la manera de integrar diversas tecnologías, preferiblemente de software libre que permitiera desarrollar una herramienta de entorno empresarial. Ya algunos sistemas que se desarrollaron internamente habían experimentado el uso de Enterprise Java Beans. Enterprise Java Beans (EJB) corresponde a un modelo interfaces de componentes en el servidor, que permite la rápida y robusta implementación en tecnologías Java [13]. Sin embargo, uno de los análisis que verificamos, es que esta herramienta tiene varios problemas con fugas de memoria. Algunos de los cuales podían ser solucionados mediante mejoras de rendimiento [14] y otros de los cuales no se podían solucionar de momento y se mostraban como averías. Un estudio realizado sobre uno de los sistemas de la universidad, implementado bajo el modelo EJB, indicó una seria problemática de rendimiento, que aunque se mejoró, eventualmente se destacó la posibilidad de implementar medios para reiniciar el servidor de aplicaciones que tenía este sistema, de manera tal que se evitarán los problemas de fugas de memoria. [15]

Esto también fue un factor primordial, que hizo a los desarrolladores buscarán nuevas maneras de implementar un sistema bajo otro modelo con patrones de diseño integrados que no tuviera el problema descrito anteriormente.

### 3.1 Tecnologías Utilizadas

Tras realizar investigación, desarrollos y pruebas sobre herramientas y tecnologías diferentes, el framework SDKUNA se implementa haciendo uso de estas tecnologías, que se han ido considerando dentro del proyecto según las necesidades deseadas a lo largo del proceso:

**Spring:** Spring es un framework de Java de código abierto muy popular y ampliamente desplegado en todo el mundo. Ayuda a los desarrolladores a crear aplicaciones de alta calidad, más rápidamente. Spring proporciona un modelo de programación coherente y consistente, el cual es bien comprendido y usado por millones de desarrolladores Java. Spring es el apoyo infraestructural a nivel de aplicación: Spring se centra en la “fontanería” de las aplicaciones empresariales [16]. Para el framework SDKUNA, Spring se concentra en la administración de las otras tecnologías, haciendo una inyección de dependencias de memoria, sobre cada uno de los objetos que conforman el sistema. Se utiliza también en la implementación de seguridad de la aplicación que es uno de los puntos fuertes del framework SDKUNA.

**Hibernate:** Hibernate es un framework de código abierto de persistencia de datos. Permite realizar mapeos relacionales de objetos y bases de datos de consultas utilizando HQL y SQL [17]. Existe una integración muy adecuada entre Spring y este framework. Para el SDKUNA, representa una herramienta muy útil para no depender directamente del tipo de gestor de base de datos, que es uno de los beneficios que presenta este framework.

**JSF:** La tecnología JavaServer Faces consiste en un conjunto de APIs (Application Programming Interface) para representar los componentes de interfaz de usuario y administrar su estado, gestionar eventos y validación de entrada, definiendo la navegación de páginas y apoyando la internacionalización y la accesibilidad. [18]. Muchas de las funcionalidades apoyadas para la interfaz, se manejan haciendo uso de la tecnología JSF. Sin embargo, aunque la estructura del framework se desarrolla bajo el ciclo vida de JSF [19] sobre la comunicación del servidor con el cliente, se han utilizado componentes de Primefaces, que, dada su dinámica e interacción mediante AJAX, tiene interfaces más ricas y mejoradas para interactuar con los usuarios finales.

**Primefaces:** Los componentes de PrimeFaces se desarrollan con un principio de diseño que establece que "un buen componente de interfaz de usuario debe ocultar la complejidad pero mantener la flexibilidad" [20]. Estos componentes corresponden a un sabor de JSF mejorado, para brindar interfaces muy dinámicas. Entre las características más importante que presenta esta librería, es el poder integrarse con Spring, un área de ejemplos de los componentes y su amplia documentación y comunidad que brinda soporte a otros desarrolladores.

**JasperReports:** Herramienta utilizada para la generación de reportes. JasperReports es el motor de reportes de código abierto más popular del mundo. Está completamente escrito en Java y es capaz de utilizar datos procedentes de cualquier tipo de fuente de datos y producir documentos perfectos en píxeles que se pueden ver, imprimir o exportar en una variedad de formatos de documentos incluyendo HTML,

PDF, Excel, Open Office y Word [21]. Con este reporteador, y con su integración en Java, se hace uso de esta herramienta para poder realizar cualquiera de las funciones de reportes que se requieran en el sistema.

**Maven:** En sí, el uso de la tecnología Maven, tiene varias funciones sobre este framework. En primera instancia se hace de esta tecnología para la gestión de dependencias [22]. Lo cual permite tener acceso a librerías ubicadas en un repositorio central, y además el poder compartir dependencia entre cada uno de los proyectos que tiene SDKUNA.

**Alfresco Activiti BPM:** Una de las funcionalidades más importantes que presenta el framework SDKUNA, es la utilización de los flujos empresariales. Esta funcionalidad, se ha adaptado a las necesidades del framework, haciendo uso de Alfresco Activiti BPM. Alfresco Activiti es una solución de gestión de procesos empresariales (BPM) orientada a desarrolladores y personas del entorno empresarial. Incorpora un motor de procesos empresariales de alto rendimiento con la flexibilidad y escalabilidad necesarias para manejar una amplia variedad de procesos críticos. La moderna solución de BPM ofrece también un potente conjunto de herramientas de usuario final y se integra en diversos sistemas de gestión de contenido empresarial, incluido Alfresco One [23]. Esta herramienta, ha permitido crear funciones en el framework, que se verificarán más adelante.

### 3.2 Estructura de SDKUNA

A continuación, se muestra un diagrama que ejemplifica cómo están integradas algunas de las tecnologías utilizadas en la implementación del framework SDKUNA. Fig.1.

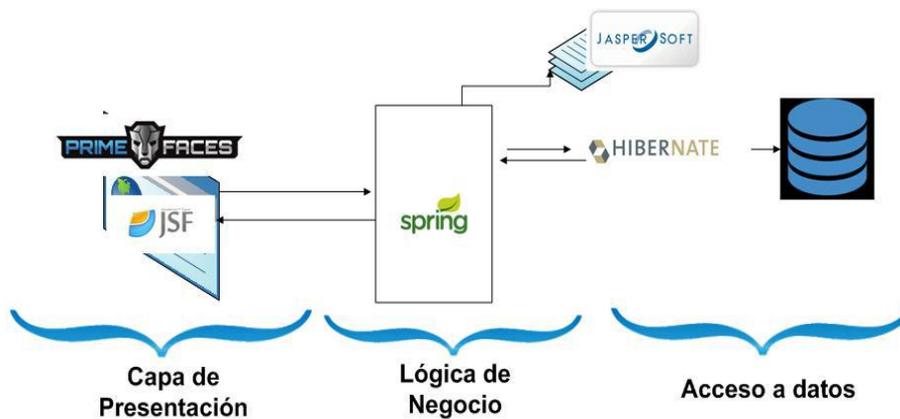


Fig. 1. Estructura SDKUNA considerando las tecnologías especificadas y el acceso mediante capas

### 3.1 Principales beneficios de SDKUNA

**Estandarización de la programación:** Mediante la implementación de este framework, se ha creado un estándar de desarrollo, más intuitivo y más fácil de utilizar por los desarrolladores. Lo cual les permite a estos, saber cómo están implementados y donde se encuentran ubicadas las estructuras de los paquetes y clases que tiene cada uno de los proyectos. Inclusive el uso de dependencias es un factor clave, ya que la forma en que están estructurados los proyectos ya se encuentra estandarizado.

**Patrón MVC:** El patrón MVC (Modelo, Vista, Controlador, por sus siglas en inglés) [24] permite dividir las aplicaciones en componentes, y separar la lógica del negocio de la capa de presentación visual. Debido a las tecnologías desarrolladas en el framework y a su correcta integración, se puede definir; un patrón que cumple con esas características, de tal manera que no haya una dependencia completa, si cada una de las capas son separadas. Esto se da con la intención de brindar un modelo que pueda ser escalable (en caso de necesitarlo o querer realizarlo) de manera que todos los componentes estén separados físicamente pero que se puedan integrar en forma lógica.

**Independencia del gestor de base de datos:** Al implementar un modelo bajo ORM (Object Relational Mapping) [25] que está relacionado con la implementación Hibernate, integrado con Spring, para poder ejecutar las consultas bajo un modelo de consultas SQL orientado a objetos, ha permitido que el framework no tenga dependencia del gestor de base de datos que se utilice, únicamente teniendo que modificar su configuración para indicar cuál gestor de base de datos debe utilizar.

**Integración de diferentes módulos:** Con la implementación de proyectos bajo el modelo de PARENT POM [26] que presenta Maven y su capacidad de administrar las dependencias de los proyectos, se solventó una de las necesidades más importantes que tienen los sistemas actuales de la Universidad Nacional, que es la falta de integración de los proyectos. Este desarrollo, aunado al proyecto SIGESA, ha facilitado la mayor comunicación y uso de módulos que en el pasado, no se podían utilizar de forma completa.

**Configuración de Tecnologías complejas:** Normalmente la implementación, configuración e integración de las tecnologías mencionadas anteriormente, requiere tiempo y muchas veces su instalación puede ser compleja. El framework SDKUNA, implementa las configuraciones necesarias, para que los desarrolladores puedan acceder al desarrollo de las herramientas, sin tener que pasar por el engorroso proceso de realizar configuraciones de proyectos.

**Reutilización de código:** Parte de la integración de módulos y configuración previa de las tecnologías, es que les ha facilitado a los desarrolladores, ciertas funciones propias de cualquier sistema web, que evitan que el desarrollador tenga que realizarlas. Al consumir directamente estas funciones y haciendo uso de los medios de administración que tiene el framework, se permite reutilizar el código generalizado que se puede aplicar en otros sistemas.

**Componentes de interfaces mejorados:** La librería Primefaces, brinda diferentes componentes de interfaz enriquecidos para trabajar en las pantallas de las aplicaciones web. Pero como una mejora de los elementos que brinda dicha librería, también se han desarrollado diferentes componentes que tienen una interacción

mejorada para efectos del usuario final y del estándar que implementa el framework. Podemos encontrar: barras de herramientas, tablas de datos, combos con paginación, listas de valores, entre otros.

### 3.2 Funcionalidad

A continuación, se explican algunas de las funcionalidades que implementa el framework SDKUNA, que se han implementado a lo largo de su creación y forman parte de la documentación del sistema y del framework [27]:

**Administración de usuarios:** La administración que implementa el framework, permite la adecuada manipulación del acceso de usuarios al sistema, por medio bases de datos o haciendo uso de un directorio de usuarios o cualquier otro protocolo de acceso a directorios. Además, implementa diferentes funciones que permiten a los desarrolladores saber en cualquier momento, cual es el usuario que se encuentra autenticado.

**Administración de roles:** La administración de roles se vincula con la administración de usuarios y de recursos. Mediante el esquema propuesto se puede catalogar roles de acceso con ciertos privilegios a diversos recursos, de tal manera que haya un control adecuado de lo que los usuarios pueden ver cuando ingresan al sistema. Esta funcionalidad, al ser heredada del framework, puede ser utilizada en los diversos sistemas que la quieran utilizar, estableciendo los roles según sus necesidades.

**Administración de recursos:** La administración de recursos, está fuertemente estructurada y relacionada con los usuarios y roles del sistema. Los recursos responden a diferentes tipos de objetos con los cuales interactúa en pantalla como etiquetas, texto o campos. Principalmente, se crean recursos de página, que se relacionan con los roles, para indicar nivel de acceso de un usuario. Normalmente si no se realiza la adecuada creación de recursos de página, estos no pueden ser vistos por ningún usuario del sistema. Con la integración de listas de acceso (ACL) [28] se puede lograr la vinculación con los recursos para obtener un mayor nivel de permisos sobre ciertos objetos que aparecen en los formularios.

**Administración de listas de acceso:** Las listas de acceso, tienen diferentes términos, correspondientes al área donde se crean. En el framework, las listas de acceso de control (ACL), tienen la capacidad de establecer mejores niveles de acceso tanto a páginas como campos. Inclusive permiten mediante los usuarios y roles, determinar a qué privilegios pueden acceder estos. Son muy adecuados también, para identificar nivel de acceso de objetos e inclusive de flujos de trabajo que tiene el framework.

**Campos configurables:** Los campos configurables es una de las herramientas más dinámicas con las que cuenta el framework. Los desarrolladores implementan una extensión del formulario habitual configurado para una determinada entidad. Es decir, son campos adicionales para una tabla, pero los mismos se generan de forma dinámica, no se encuentran previamente programados en los formularios. Esto es de mucha utilidad, para implementar campos de formularios que están continuamente cambiando, según las necesidades de los usuarios.

**Botones adicionales:** En el caso de que los componentes enriquecidos, no sean suficiente para el desarrollador, por ejemplo, que los botones de las barras herramientas no complementen alguna acción necesaria en pantalla, y se requiera otro botón para alguna funcionalidad específica, el framework permite la agregación y modificación de los botones. permitiendo que los desarrolladores, siguiendo ciertas instrucciones, puedan crear sus propios botones adicionales para solventar funcionalidades específicas.

**Manejo de adjuntos:** Una de las herramientas de mayor utilización de todo el framework, son las funciones de manejo de subida y descarga de archivos adjuntos. Para cada uno de los objetos que se crean en el sistema, se pueden agregar adjuntos. Toda la información que se obtiene de los adjuntos, se almacena en un repositorio de documentos llamado Alfresco [29], el cual administra estos archivos considerando su versión.

**Lanzador de reportes:** El lanzador de reportes, se crea bajo el criterio de un lanzador de reportes con el que contaba NX. Sin embargo, este hace uso de la herramienta de JasperReports para poder ejecutar el reporte. Una característica de este modo de operación de reportes es que aparte de generar el reporte en varios formatos, también se puede programar para ser enviado por correo.

**Lanzador de procesos:** El lanzador de procesos es una herramienta idónea para realizar diferentes actividades donde las mismas quedan programadas bajo un sistema de tiempo conocido como CRON [30]. La misma herramienta cuenta con una consola de procesos para administrar los procesos que se están corriendo y con una bitácora en pantalla de los archivos de transacciones generados por los procesos. Se pueden ejecutar procesos de forma inmediata, o se pueden programar para ejecutarse posteriormente, según la expresión de tiempo seleccionada (se puede especificar, años, meses, días, horas, minutos y segundos).

**Flujos de trabajo:** Los flujos de trabajo que desarrolla el framework; están integrados por medio de la herramienta Alfresco Activiti. El proceso consta de la creación de un diagrama en formato BPMN [31]. Dicho diagrama, establece las reglas para poder llevar a cabo un flujo de trabajo. Con el uso de roles y listas de acceso, se pueden establecer en cada uno de los flujos, niveles de interacción de diferentes mandos, simulando el proceso jerárquico que se desea ejecutar. Permite identificar en donde se encuentra el flujo en determinado momento, así como permite verificar las tareas pendientes de un flujo y porque fue aceptado o rechazado un proceso del flujo al estar en proceso.

**Gráficos:** Una funcionalidad importante del framework, es el uso de gráficos. Para ello se ha creado un componente basado en JSF, que permite la generación de los mismos, considerando las diferentes entidades que se quieren relacionar en el gráfico.

**Internacionalización:** Una necesidad inherente de este tipo de framework es el poder satisfacer el desarrollo de algunas de las funcionalidades especificadas considerando el idioma. Por lo cual el módulo de internacionalización, permite la asignación de palabras en el idioma deseado para cada título, etiqueta o texto del sistema que se utilice para desplegar información al usuario final. De momento, el framework tiene disponible sus textos en inglés y español.

## **4 Impulso al desarrollo de software libre**

La Universidad Nacional (UNA) por medio de su escuela de informática, ha denotado importante interés en desarrollar el uso de software libre en la administración pública de Costa Rica [32]. De esta forma, una de las características que tiene el framework, es que casi la totalidad de sus componentes fueron construidos, haciendo uso de frameworks y librerías de software libre. La Universidad Nacional de esta forma, ha centrado sus esfuerzos en establecer mejores condiciones a nivel de arquitectura (servidores y base de datos) que propiamente en licencias para la implementación de todos los aspectos del sistema. Lo cual, representa un logro de importancia en el campo del software libre, dando a conocer que realmente, existen diversos frameworks y programas que apoyan las soluciones para desarrollos empresariales y ahorran sumas importantes de dinero en el uso y mantenimiento de licencias. Respecto al soporte, podemos destacar que muchas de las herramientas utilizadas en el framework, tienen una documentación muy completa, y están en constante mejora, debido a la actividad de las comunidades que trabajan día a día en la implementación y mejora de errores.

## **5 Resultados**

### **5.1 Implementación de proyectos**

#### **5.1.1 Sistema de declaración jurada de Horario**

El sistema de declaración jurada de horario, se implementó con el fin de hacer uso de esta herramienta para que tanto administrativos como docentes de la Universidad Nacional, puedan acceder a declarar y ajustar su horario de trabajo para la institución. El sistema de declaración jurada de horario anterior, no se encontraba integrado con otros sistemas, y no tenía la posibilidad de hacer uso de otras herramientas que solventa este sistema implementado con el framework. Una característica de importancia que este nuevo sistema adquirió con el uso del framework, es que sistema hace uso de una base de datos que está implementada en POSTGRESQL, que es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente y es considerado uno de los más potentes [33]. De esta forma, se hace uso del framework sobre este sistema, para mejorar el uso de esta herramienta de administración en la Universidad Nacional, haciendo uso de una base de datos de software y de código abierto.

#### **5.1.2 SICA**

El sistema de carrera académica (SICA) es un sistema desarrollado para la comisión académica, que surge como la necesidad de tener un sistema para evaluar y administrar los atestados de los académicos. Todo el manejo de expedientes, se hacía de manera manual, por lo cual se quiso realizar un sistema que solventará las necesidades de esta área. Actualmente el sistema que fue creado bajo la estructura del framework, y permite realizar funciones como la solicitud de un estudio, la gestión de

documentos digitales y el cálculo de puntajes para establecer el grado académico que debe tener un profesor.

### **5.1.3 SIGESA: Módulo de atracción del talento humano y Persona General.**

El módulo de atracción del talento humano, junto el módulo de persona general, han sido de los primeros módulos que se han implantado en la Universidad Nacional como parte del proyecto SIGESA. Esta parte del sistema, es la encargada de llevar a cabo los concursos internos y externos del personal que va a formar parte de un nuevo puesto en la universidad o está ingresando a laborar. También incluye las evaluaciones y resultados obtenidos de pruebas técnicas realizadas para un puesto, y brinda información a todos los funcionarios de su registro de elegibles (puestos en los cuales pueden participar). Este módulo junto con el de Persona General que guarda información de las personas físicas y jurídicas que laboran en la institución, ya está implantado en producción y se encuentra en funcionamiento.

## **6 Retos**

El proceso de desarrollo del framework SDKUNA aún debe enfrentar mayores retos para entrar en un proceso de maduración completa de la herramienta. Actualmente contamos con un framework idóneo para desarrollar diferentes funcionalidades que se ha logrado mediante el uso de diferentes herramientas del software libre. Queda por definir si en algún momento este framework, será abierto al público, para formar una comunidad de desarrollo que fortalezca el proceso de crear retroalimentación y soporte. Esto corresponde a una decisión de la administración central de la institución, donde se debe valorar que si se va a dejar completamente abierto o si la institución tendrá en cuenta alguna licencia de software libre que respalde sus derechos de autor. Otro de los retos que debe enfrentar el framework SDKUNA, es el desarrollo como una herramienta accesible que cumpla con las normas indicadas en la WCAG 2.0 [34] para alcanzar por los menos el nivel AA. Esta tarea no ha sido sencilla, debido a que requiere mucha colaboración de parte de las mejoras que se realicen principalmente a nivel de interfaz, por otras tecnologías utilizadas en el framework para que cumplas con los lineamientos de ATAG [35].

Posteriormente, se espera que se implemente una segunda etapa del proyecto en la cual se lleve la solución del framework SDKUNA a la academia, para solventar las necesidades que se requieren en esta importante área.

## **7 Conclusiones**

La arquitectura propuesta para el Framework SDKUNA ha contribuido sobre los analistas y programadores de la UNA, para satisfacer un proceso de simplificación y homogeneización en desarrollo de aplicaciones web. Fomentando una arquitectura reutilizable y un conjunto de herramientas y bibliotecas que implementan los componentes más habituales y necesarios para el desarrollo de estas aplicaciones web.

La Universidad Nacional ya está trabajando con esta herramienta que representa el esfuerzo de muchos especialistas del centro de gestión informática. Es importante dar a conocer no solamente el proyecto SIGESA que inició este proceso, sino las verdaderas ventajas que tiene el framework SDKUNA como una herramienta potencialmente útil para toda la comunidad universitaria. La Universidad Nacional debe destacar este logro e implementar el uso del framework a nivel institucional.

Una de las problemáticas indicadas en los sistemas heredados como NX, o la implementación del Sistema Banner, fue solventada mediante las características de este framework, para lograr integrar varios sistemas que en el pasado no podían comunicarse de la mejor manera entre ellos.

El framework SDKUNA ha fortalecido el proceso de implementación de los sistemas en el CGI de la DTIC de la Universidad Nacional. Se ha incrementado la generación de nuevo conocimiento a través de cada una de las herramientas que componen este framework. incentivando y creando conocimiento sobre cada uno de los analistas del área. El framework SDKUNA ha fomentado una solución a la gestión administrativa, fortaleciendo el desarrollo interno de la institución.

## Agradecimientos

Este trabajo se ha desarrollado gracias a la colaboración de la Dirección de Tecnología de Información y Comunicación (DTIC) de la Universidad Nacional y a todos los analistas que forman parte de proyecto SIGESA de la UNA.

## Referencias

- 1 Barzanallana, Rafael. Universidad de Murcia. Servicios en internet. Historia del desarrollo de aplicaciones Web. [Online]. Recuperado el 10 de abril de 2017. Available: <http://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/INFORMATICA/Historia-desarrollo-aplicaciones-web.html>
- 2 Mora Luján, Sergio. Programación en Internet: Clientes WEB. [Online]. Recuperado el 10 de abril de 2017. Available: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16994/1/sergio\\_lujan-programacion\\_en\\_internet\\_clientes\\_web.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16994/1/sergio_lujan-programacion_en_internet_clientes_web.pdf)
- 3 Conallen, Jim. Modelling Web Applications with UML. [Online]. Recuperado el 10 de abril de 2017. Available: <http://www.cs.toronto.edu/km/tropos/conallen.pdf>
- 4 Cardenas Gomez, Roberto. Introducción a los mainframes. [Online]. Recuperado el 10 de abril de 2017. Available: <http://cryptomex.org/SlidesMainframes/IntroMainframes.pdf>
- 5 Coughlan, Michael. (2014) Beginning COBOL for Programmers. Editorial Apress.
- 6 Gutiérrez, Javier J. ¿Qué es un framework Web? [Online]. Recuperado el 11 de abril de 2017. Available: [http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion\\_ficheros/Framework.pdf](http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/Framework.pdf)

- 7 Cervantes, José de Jesús. (2013) [Online] Recuperado el 12 de abril de 2017. Available: <http://aplicdistri.blogspot.com/2013/02/24-integracion-de-sistemas-heredados.html>
- 8 Gutiérrez, Roger. (2016) Llegó el momento de romper los sistemas heredados. [Online] Recuperado el 12 de abril de 2017. Available: <https://revistaitnow.com/llego-momento-romper-los-sistemas-heredados/>
- 9 Toro López, Francisco J. (2013) Administración de proyectos de informática. ECOE Ediciones. Bogotá, Colombia.
- 10 Aguilar, Quisi (2014) Cobol, un programador que se extingue. [Online] Recuperado el 12 de abril de 2017. Available: <https://revistaitnow.com/cobol-un-programador-que-se-extingue/>
- 11 UNA. SIGESA (Sistema de gestión administrativa) [Online] Recuperado el 12 de abril de 2017. Available: <http://www.sigesa.una.ac.cr/index.php/80-informacion-general/104-nuestros-objetivos>
- 12 Duran Cascante, Giovanni. (2012). Análisis sobre el impacto del sistema informático banner en el desempeño del programa de gestión financiera de la Universidad Nacional, a partir de su implementación en el año 2008. Tesis. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/885/1/Analisis%20sobre%20el%20impacto%20del%20sistema%20informatico%20banner%20.pdf>
- 13 Oracle. Enterprise Java Beans. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/ejb/index.html>
- 14 Java Performance Tuning (2017). EJB Performance tips. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: [http://www.javaperformancetuning.com/tips/j2ee\\_ejb.shtml](http://www.javaperformancetuning.com/tips/j2ee_ejb.shtml)
- 15 UNA DTIC. Análisis de rendimiento de boleta de pago UNA. Documentación Universidad Nacional.
- 16 Springla. Spring Framework. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <https://springla.io/spring/spring-framework/>
- 17 Hibernate. Hibernate. Everything data. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <http://hibernate.org>
- 18 Oracle. JavaServer Faces Technology. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/javaxserverfaces-139869.html>
- 19 Leonard, Anghel. (2014). Mastering JavaServer Faces 2.2. Appendix F. The JSF LifeCycle. Editorial O'reilly.
- 20 Primefaces. Why PrimeFaces. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <https://www.primefaces.org/whyprimefaces/>
- 21 JasperReports® Library. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <http://community.jaspersoft.com/project/jasperreports-library>
- 22 Apache Maven Project. (2017). Introduction to the Dependency Mechanism. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <https://maven.apache.org/guides/introduction/introduction-to-dependency-mechanism.html>
- 23 Alfresco Activiti BPM. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: <https://www.alfresco.com/es/products/business-process-management/alfresco-activiti>
- 24 Chrome (s.f.). MVC Architecture. Recuperado el 13 de abril de 2017. Available: [https://developer.chrome.com/apps/app\\_frameworks](https://developer.chrome.com/apps/app_frameworks)

- 25 Hibernate. What is Object/Relational Mapping? Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: <http://hibernate.org/orm/what-is-an-orm/>
- 26 Apache Maven Project. (2017). Parent POM. Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: <https://maven.apache.org/pom/>
- 27]UNA DTIC. Estándar de programación SDKUNA. Documentación Universidad Nacional. Última actualización: 2017.
- 28 Glosario de Informática e Internet. Definición de ACL. Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: <http://www.internetglosario.com/1135/ACL.html>
- 29 Alfresco Documentation. Alfresco Repository. Recuperado el 15 de abril de 2017 Available: <http://docs.alfresco.com/community5.0/concepts/dev-repository-intro.html>
- 30 (Sin autor). Cron Format. Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: <http://www.nncron.ru/help/EN/working/cron-format.htm>
- 31 Alfresco. Alfresco presenta el motor de workflow Activiti BPMN 2.0. Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: <https://www.alfresco.com/es/noticias/comunicados-de-prensa/alfresco-presenta-el-motor-de-workflow-activiti-bpmn-20>
- 32 Periódico La Nación. Software libre en Costa Rica conquista a gobiernos locales Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: [http://www.nacion.com/vivir/ciencia/Software-libre-conquista-gobiernos-locales\\_0\\_1374462541.html](http://www.nacion.com/vivir/ciencia/Software-libre-conquista-gobiernos-locales_0_1374462541.html)
- 33 Martínez, Rafael. Sobre PostgreSQL. Recuperado el 15 de abril de 2017. Available: [http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql)
- 34 W3C. (2008) Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Recuperado el 16 de abril de 2017. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- 35 W3C. (2015) Authoring Tool Accessibility Guidelines (ATAG). Recuperado el 16 de abril de 2017. Available: <https://www.w3.org/WAI/intro/atag.php>

## **SESIÓN SOLUCIONES TIC PARA LA ENSEÑANZA**



## **Estratégias de Integração de Tecnologia no Ensino: Uma Solução Baseada em Experimentação Remota Móvel**

Lucas Mellos Carlos<sup>a</sup>, João Paulo Cardoso de Lima<sup>a</sup>, José Pedro Schardosim Simão<sup>a</sup>, Juarez Bento da Silva<sup>a</sup>, Simone Meinster Sommer Bilessimo<sup>a</sup>

a Laboratório de Experimentação Remota, Universidade Federal de Santa Catarina, R. Pedro João Pereira, Mato Alto 150, Araranguá, Santa Catarina, Brasil  
{lucas.mellos, joao.pcl}@grad.ufsc.br, pedro.simao@posgrad.ufsc.br, juarez.silva@ufsc.br, simone.bilessimo@ufsc.br

**Resumo.** O presente trabalho descreve a criação do Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel (GT-MRE) dentro do Laboratório de Experimentação Remota (RExLab - UFSC) que vem atuando na integração de tecnologia na educação através do desenvolvimento de soluções que visam ofertar ferramentas baseadas em experimentação remota móvel e capacitação docente na educação. Atualmente a grande lacuna no processo de formação de discentes devido a falta de infraestrutura nas instituições de ensino e metodologias que muitas vezes se encontram distantes dos alunos vem acarretando na falta de profissionais em áreas relacionadas às STEM (*Science Technology Engineering and Mathematics*), fato este que vem afetando grandes nações e gerando preocupação a grandes governantes mundiais. Desta forma, o uso de experimentação remota surge como uma tecnologia emergente no ensino proporcionando a integração de recursos através do uso das TIC, uma vez que cada dia mais as pessoas estão fazendo o uso das TIC, porém com diferentes propósitos, para tal há uma grande necessidade da adaptação desse recurso para no âmbito educacional, sendo assim, um dos trabalhos objetivados pelo GT-MRE é de proporcionar um ambiente educacional que se pudesse integrar um ambiente virtual de ensino e disponibilização de conteúdos didáticos abertos online mediante ao acesso por dispositivos móveis no contexto da MRE agregando uma arquitetura para a disponibilização de experimentos remotos a partir da plataformas abertas de hardware e software.

**Palavras Chaves:** GT-MRE, experimentação remota, STEM, TIC.

### **1 Introdução**

Ao ponderar o horizonte a qual se encontra a educação é imprescindível traçar um panorama histórico com o estado do desenvolvimento tecnológico atual, onde homens e máquina interagem diariamente. Para o uso das TIC na educação tem-se uma grande gama de recursos tecnológicos disponíveis para acesso, dentre esses o uso de laboratórios de acesso remoto surge como uma prática emergente [8].

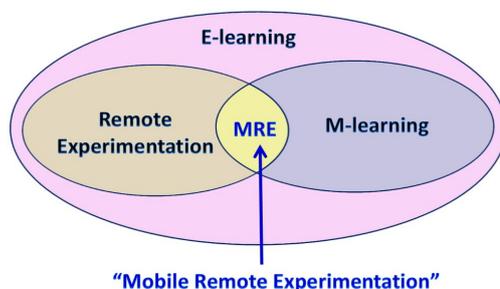
O presente artigo retrata a elaboração de uma solução que objetiva a integração de tecnologia na educação por intermédio da criação do Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Móvel (GT-MRE)<sup>66</sup> no Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com apoio da

---

<sup>66</sup> <http://gtmre.ufsc.br/>

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e Ministério da Educação Cultura do Brasil, o projeto que em março de 2017 recebeu o prêmio de melhor laboratório controlado remotamente pelo Global Online Laboratory Consortium (GOLC)<sup>67</sup>, que conta com a participação de MIT, Universidad de Deusto, University of Technology, entre outros membros.

O GT-MRE se estabelece na moção de criação de uma proposta baseada no eixo formativo pela MRE (Experimentação Remota Móvel) que tem sua origem na junção de práticas com experimentação remota e *M-Learning* no contexto de *E-learning*. Práticas relacionadas a MRE visam fortalecer o apoio às áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), através do desenvolvimento de uma solução que dispõe de laboratórios para acesso remoto condizente com práticas experimentais acessadas através da internet, apoiado didaticamente por recursos educacionais abertos integrados aos experimentos remotos. A Fig. 1 exibe o eixo formativo da MRE.



“Mobile Remote Experimentation”

Fig. 1. Concepção do eixo MRE.

Conforme [14], laboratórios remotos são como um conjunto de ferramentas de software e hardware que permitem acesso a um equipamento real e convencional de laboratório através do uso da internet. [10] ilustra o acesso a laboratórios remotos como um acesso a experimentos físico através da internet com a interação através de uma interface virtual.

Um dos elementos essenciais promovidos pelo uso de experimentação remota é o compartilhamento de recursos com instituições, portanto instituições de ensino parceiras podem compartilhar recursos entre si através de uma estrutura distribuída podendo ampliar seu respectivo número de laboratórios de acesso remoto através de soluções como *Gateway4Labs* [12].

O GT-MRE adota uma visão onde se propõe um uso massificado de dispositivos móveis como celulares ou tablets, uma vez que conforme o Censo da Educação Básica [6] apenas 9% das escolas públicas brasileiras possuem laboratórios de ciência em suas dependências e ainda, 41% das escolas não possuem laboratório de informática.

Por outro lado, a pesquisa TIC Educação afirma que cerca de 91% dos estudantes entrevistado pela pesquisa possuem algum tipo de dispositivo móvel em

<sup>67</sup> [http://www.online-engineering.org/GOLC\\_about.php](http://www.online-engineering.org/GOLC_about.php)

suas mãos, fator que corrobora com o uso das TIC na educação através de experimentação remota como ferramenta auxiliar no processo de ensino [3].

A partir dos pressupostos referente às carências de infraestrutura e a grande difusão dos dispositivos móveis pelos usuários docentes, abre-se espaço para o desenvolvimento de novas tecnologias, como no caso da experimentação remota, a qual o GT-MRE apresenta o desenvolvimento de uma solução que integra alunos e professores através do cenário de experimentação remota móvel.

## 2 Estado da arte

O processo construção de conhecimento tomando como ferramentas de ensino o uso de laboratórios remotos, laboratórios simulados e laboratórios presenciais a qual constata que estudantes não se sentem intimidados no uso de laboratórios por meio de experimentação [4]. Já [1] descreve o uso de laboratórios remotos e virtuais como sendo as novas “*vértices do triângulo*” relatado na Fig. 2 a qual se constata o processo formador de conhecimento no uso dos diferentes tipos de laboratórios na qual [4] e [11] destinam-se a analisar a influência destes no processo de ensino-aprendizagem.

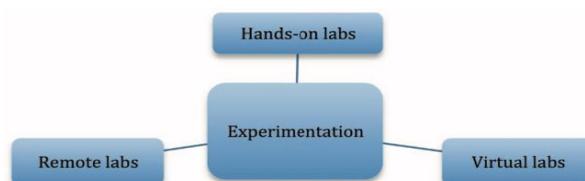


Fig. 2. Processo formador de conhecimento [2].

### 2.1 LabsLand

O LabsLand<sup>68</sup> é um portal de experimentação remota que permite a interação com experimentos produzido no DeustoTech da Universidade de Deusto na Espanha que desenvolveu um Sistema de Gerenciamento de Experimentos Remotos (RLMS) e uma federações de laboratórios remotos.

O LabsLand possui seu próprio RLMS WebLab-Deusto que gerencia os experimentos na plataforma e ainda pode ser desenvolvido em outras universidades utilizando a mesma solução [13].

A Fig. 3 exibe o experimento desenvolvido para ensinar os princípios de Archimedes [5] integrado ao WebLab-Deusto no portal LabsLand.

---

<sup>68</sup> <http://labsland.com/>

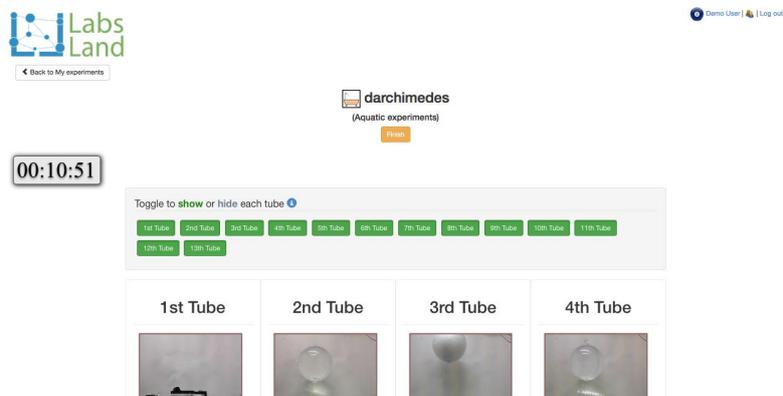


Fig. 3. Experimento de Archimedes LabsLand.

## 2.2 Lab Share Institute

O The LabShare Institute (TLI)<sup>69</sup> é formado por um consórcio de universidades australianas na qual o projeto não possui fins lucrativos [16] que visa garantir benefícios como sustentabilidade, no uso de experimentos remotos no campo de atuação da educação [7].

Uma das soluções desenvolvidas pelo TLI foi o RLMS SAHARA<sup>70</sup>, que propõe um acesso comum aos laboratórios remotos em uma arquitetura em grid aonde os experimentos físicos ficam em diversas universidades do consórcio e ainda compartilham experimentos através de um API (*Application Programming Interface*) que interconecta com outros RLMSs.

## 2.3 Projeto Go-Lab

O projeto Go-Lab<sup>71</sup> é um consórcio formado por universidades que compartilham experimentos através do portal Graasp<sup>72</sup> onde é possível compartilhar experimentos e Espaços de Aprendizagem por Investigação (ISL).

O Graasp permite que diversos ISL fiquem disponíveis a professores a qual é possível integrar ISL, laboratórios remotos e aplicativos disponíveis no portal, [2] discute os efeitos das ações de projetos como o Go-Lab na integração de laboratórios remotos no cotidiano escolar de professores e alunos. A Fig. 4 exibe um ISL do portal Graasp.

<sup>69</sup> <http://www.labshare.edu.au/home>

<sup>70</sup> <https://sourceforge.net/projects/labshare-sahara/>

<sup>71</sup> <http://www.go-lab-project.eu/>

<sup>72</sup> <http://graasp.eu>

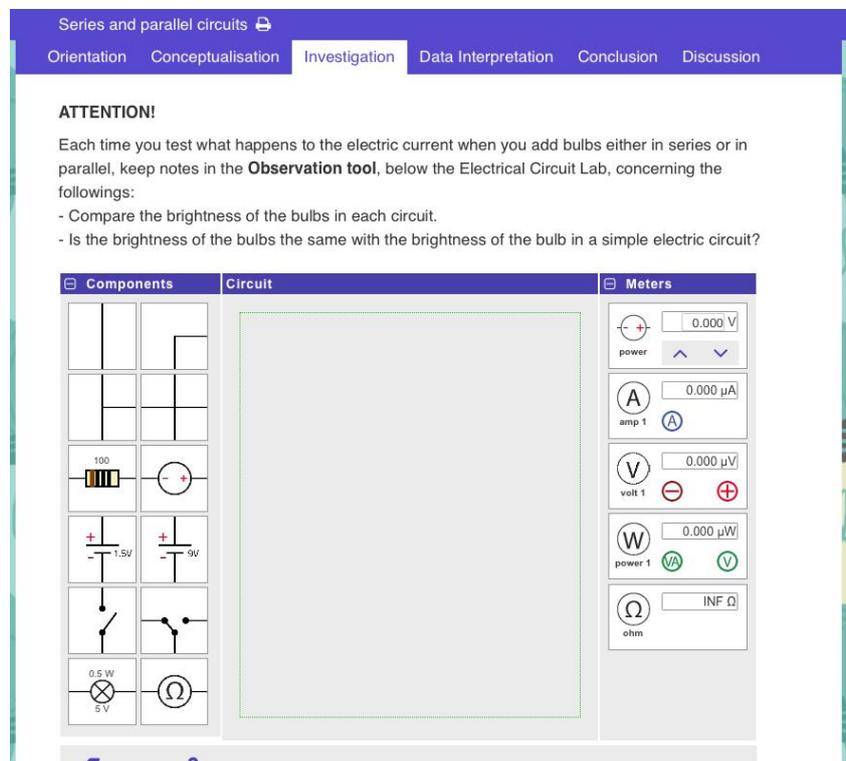


Fig. 4. ILS no Portal Graasp.

### 3 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa de natureza aplicada baseou-se em uma abordagem qualitativa e teve como espécie uma pesquisa descritiva a qual busca descrever a criação do GT-MRE a partir dos pressupostos coletados pelos autores.

A pesquisa se baseou em etapas a qual se desenvolveu uma pesquisa bibliográfica a respeito das ferramentas existentes, procedido de uma análise dos resultados referentes a essas ferramentas e o desenvolvimento da solução e coleta de resultados.

### 4 Resultados e discussão

O GT-MRE é concebido em diferentes eixos temáticos a qual cada eixo corresponde a uma área em específica que se relacione às TIC no âmbito de laboratórios de experimentação remota, para tal, o GT-MRE desenvolveu seu próprio RLMS, o RELLE (*Remote Labs Learning Environment*)<sup>73</sup> que é responsável por gerenciar todos experimentos remotos e usuários na plataforma que se constitui em uma plataforma

<sup>73</sup> <http://relle.ufsc.br/>

distribuída para gerência experimentos remotos, adicionalmente o RELLE foi vencedor Prêmio ARede Educa 2016<sup>74</sup> na categoria plataformas educacionais no setor público.

Além da gerência de experimentos remotos e usuários o GT-MRE desenvolveu um eixo temático relacionado ao Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA). A Fig. 5 exibe uma imagem com a macro arquitetura do GT-MRE.

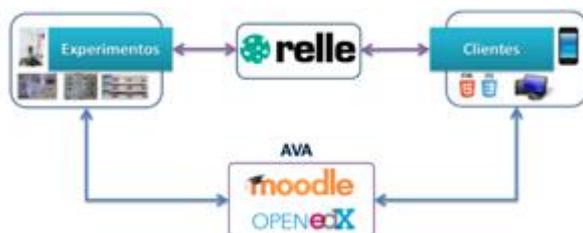


Fig. 5. Macro arquitetura do GT-MRE.

A arquitetura definida pelo GT-MRE retrata o desenvolvimento de soluções com foco ao apoio técnico, pedagógico e metodológico no desenvolvimento de soluções que visam a integração da tecnologia na educação através das TIC.

Sistematizado em dois eixos formativos, o GT-MRE fornece uma arquitetura estratégica de execução dividida em dois segmentos, sendo a integração de tecnologias na educação o eixo central apoiado pelos eixos de capacitação docente a qual é responsável pelo auxílio ao docente na integração das TIC na sala de aula e desenvolvimento tecnológico através da MRE. A Fig. 6 retrata a construção da estrutura de atuação do GT-MRE.

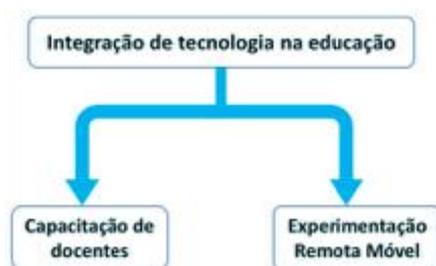


Fig. 6. Diagrama de atuação.

As subseções seguintes deste capítulo se destinarão a descrever o eixo temático MRE abordado pelo GT-MRE, respectivamente apresentado na Fig. 6 em termos técnicos referentes a sua área de atuação confrontando com seu público-alvo de docentes e discentes traçando um panorama com as problemáticas enfrentadas por cada um dos mesmos no processo de ensino aprendizagem e disponibilização da tecnologia.

<sup>74</sup> <http://www.arededuca.org.br/parabens-vencedores-do-premio-arededuca-2016/>

#### 4.1 Arquitetura da solução

O núcleo do GT-MRE é formado por 16 experimentos remotos das áreas de física, biologia, robótica e eletrônica básica compartilhados com instituições de ensino superior ratificando o pressuposto de laboratório remotos apresentado por [12].

Visando conceder suporte nos campos técnicos, pedagógico e metodológico optou-se por disponibilizar o conteúdo desenvolvido através de recursos digitais abertos, tais recursos compreendem em manuais de replicação dos recursos técnicos, guias de aplicações e planos de aula com vistas a instruir a integração de tecnologia na educação.

A construção de experimentos remotos está baseada em soluções de hardware e software aberto a fim de favorecer a replicação do projeto nas instituições parceiras contribuindo para a evolução da escalabilidade discutida por [9] no contexto de ambientes distribuídos de experimentação remota.

A arquitetura do GT-MRE se divide em quatro módulos, dos quais são retratados o laboratório real, o módulo computador embarcado, módulo RELLE e módulo cliente. A Fig. 7 exhibe a arquitetura detalhada do GT-MRE nas quais são exibidos os recursos desenvolvidos pelo projeto, os recursos utilizados e os recursos adaptados. As subseções seguintes de destinarão a dar maiores detalhes sobre o processo de construção cada módulo.

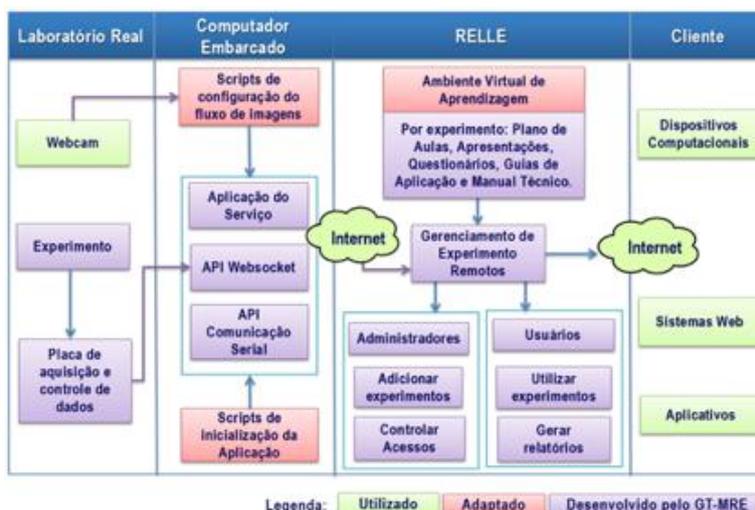


Fig. 7. Arquitetura do GT-MRE.

#### 4.2 Módulo Laboratório Real

O módulo laboratório real compreende a mecatrônica de cada experimento, os experimentos são construídos a partir de uma arquitetura modular previamente estabelecida pelo grupo em conjunto com um grupo de docentes parceiros ao projeto com a finalidade de apoiar didaticamente e ainda facilitar na replicação dos experimentos por potenciais parceiros da solução.

Mediante a as filosofias de replicação estabelecidas, as experiências foram adequadas para que houvesse uma maior inclusão de funcionalidades visando um número maior de dados coletados pelos sensores e atuadores buscando promover maior interatividade durante o processo de experimentação.

Os experimentos possuem uma base de construção formada por uma placa de aquisição e controle genérica a todos os laboratórios, que centraliza o gerenciamento de toda a mecatrônica desenvolvida para controle de atuadores e para coleta dos dados por parte dos sensores presente na experiência, comunicando através de um computador embarcado via protocolo Modbus. A Fig. 8 exhibe o diagrama genérico ao desenvolvimento de hardware do projeto GT-MRE.

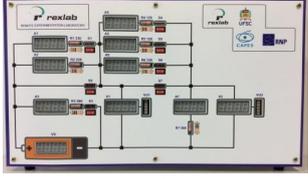
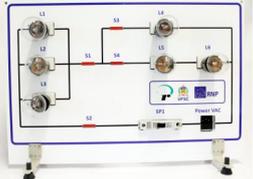
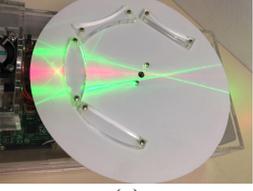
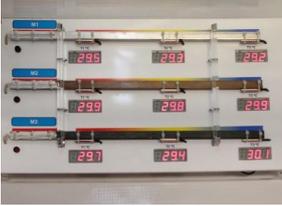
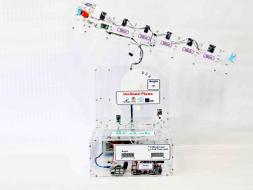
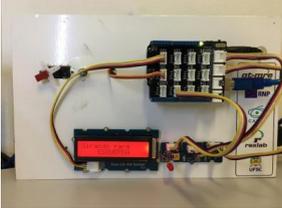
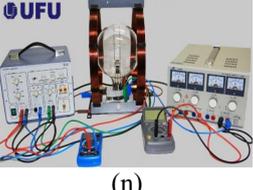


**Fig. 8.** Diagrama genérico de hardware.

A placa de aquisição e controle de dados é responsável pelo recebimento e envio de sinais transdutores e transmitir ao módulo computador embarcado a gerência da aplicação. Os esquemas referentes a construção e confecção de placas são descritos no manual técnico de cada um dos laboratórios.

O GT-MRE possui um rol de laboratórios reais nos quais são exibidos na Tabela 1, os experimentos disponibilizados contemplam Painéis Elétricos CC (a) e CA (b), microscópios remotos (c) e (d), Banco Óptico (e), experimentos de condução de calor por condução em barras metálicas (f), por convecção e por irradiação (g), planos inclinados (h), Disco de Newton (i), laboratórios sustentáveis sobre Conversão de Energia Luminosa em Elétrica (j), módulos educacionais para estudo de circuitos elétricos e eletrônicos (k), ambientes para desenvolvimento em Arduino que incluem programação em linguagem textual (l) e linguagem por blocos (m), Experimento de Thomson (n) e ambiente para investigação da biodiversidade (o).

**Tabela 1.** Experimentos disponibilizados pelo GT-MRE

 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>
 <p>(d)</p>	 <p>(e)</p>	 <p>(f)</p>
 <p>(g)</p>	 <p>(h)</p>	 <p>(i)</p>
 <p>(j)</p>	 <p>(k)</p>	 <p>(l)</p>
 <p>(m)</p>	 <p>(n)</p>	 <p>(o)</p>

O aplicativo *block.ino*<sup>75</sup> criado para manipular o ambiente para desenvolvimento em Arduino que usa linguagem por blocos (m), foi vencedor da 4ª Edição do Programa Campus Mobile<sup>76</sup> na categoria educação e 2º Colocado na categoria protótipo do Concurso Integrado de Apps.Edu no Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE) no ano de 2016.

### 4.3 Módulo Computador Embarcado

As funcionalidades de cada experimento na Internet são baseadas em placas *Single Board Computers* (SBC). O GT-MRE adota a plataforma Raspberry Pi para disponibilização de serviços, tendo em vista o baixo custo e a facilidade de aquisição desta placa no mercado.

Nessa placa é embarcada uma API desenvolvida pelo GT-MRE que oferece interface aos sensores e atuadores na estrutura de serviço web através de protocolo WebSocket provendo uma interface ao serviço de *User Interface* (UI) no módulo RELLE a qual será apresentado na subseção seguinte.

A arquitetura baseada na especificação de *Smart Devices* (Dispositivos Inteligentes) para experimentos remotos que fornecem interfaces bem definidas entre os dispositivos independentes e o cliente [15].

O módulo computador embarcado é tido como elemento crucial na solução, uma vez que ele responsável por realizar a comunicação entre aplicação cliente e módulo laboratório real, além de realizar o *streaming* de vídeo da prática laboral ao usuário em tempo real. A Fig. 9 exhibe a arquitetura do módulo computador embarcado.



Fig. 9. Arquitetura do módulo computador embarcado.

### 4.4 Módulo RELLE

O módulo RELLE é composto por um RLMS responsável pela administração dos laboratórios reais e um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), responsável pela gerência de conteúdo didático para disponibilização de conteúdos referentes a sequências didáticas, guias de aplicação e planos de aula.

<sup>75</sup> <http://blockino.ufsc.br/>

<sup>76</sup> <http://campusmobile.com.br/conheca-mais/vencedores/>

O RELLE ainda é responsável por fornecer uma fila de acesso em caso de acessos simultâneos de mais de um usuário. A plataforma ainda oferece suporte a múltiplas instâncias de um mesmo laboratório, fato este que contribui na diminuição de fila de espera, na qual o sistema redireciona o usuário em espera para um laboratório vago de maneira transparente ao usuário.

A Fig. 10 retrata a interface de manipulação do experimento Painel Elétrico CC com suporte a múltiplas instâncias instaurada mediante a um acesso via dispositivo móvel e via computador na qual exibe na interface os diagramas do circuito, controles e *streaming* de vídeo em tempo real.

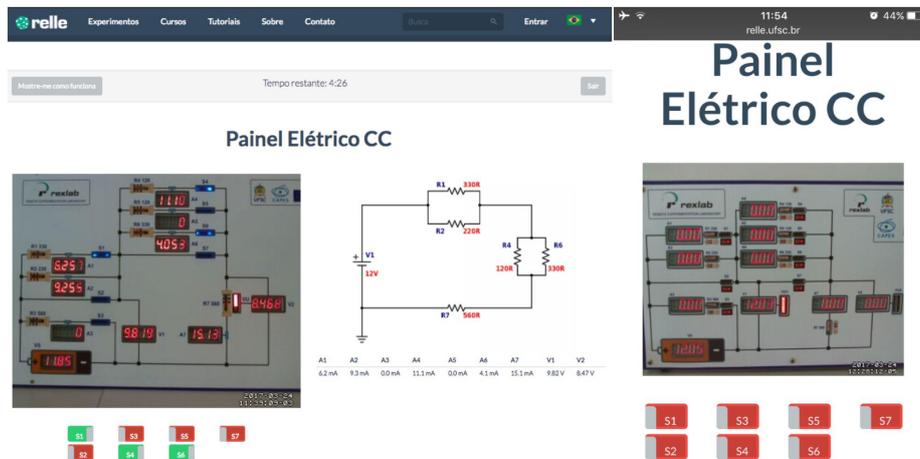


Fig. 10. UI do RLMS RELLE.

#### 4.5 Módulo Cliente

Para fornecer acesso aos usuários finais da solução, o GT-MRE desenvolveu uma API que se conecta ao módulo RELLE para provimento do acesso aos laboratórios que a partir do método GET que emite o disparo de um evento para comunicação com a API em modo FCFS (*First-Come First Served*) autorizando o acesso aos laboratórios. O controle de acessos simultâneos ocorre mediante a uma fila que instaurada no módulo RELLE que se interconecta com o módulo cliente observando a política FIFO (*First In, First Out*), para laboratórios com múltiplas instâncias, o sistema gerencia as requisições tomando por conta a decisão do experimento que estiver disponível para acesso.

A liberação do acesso aos controles de cada experimento ocorre mediante a liberação através do esquema *cross domain*. A Fig. 11 exibe a o macro diagrama de comunicação entre os módulos para acesso aos serviços.

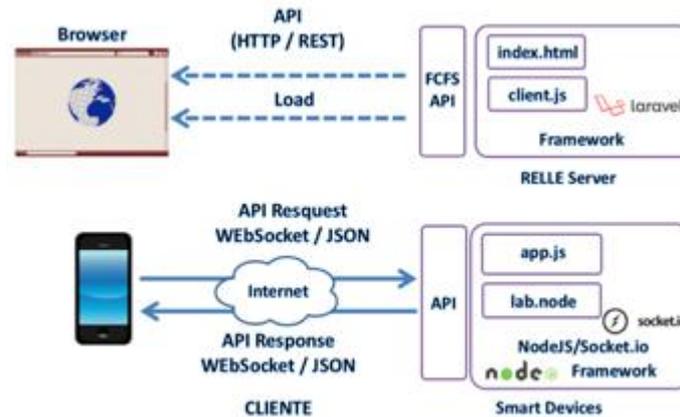


Fig. 11. Comunicação *cross domain* desenvolvida pelo GT-MRE.

## 5 Avaliação e Escalabilidade da Solução

O RELLE desenvolvido pelo GT-MRE conta com mais de 19 mil acessos de mais de 110 países ao redor do planeta, culminando com os números, o GT-MRE promoveu uma avaliação de usabilidade do serviço com vistas a analisar a capacidade de provimento dos serviços promovidos pelo grupo.

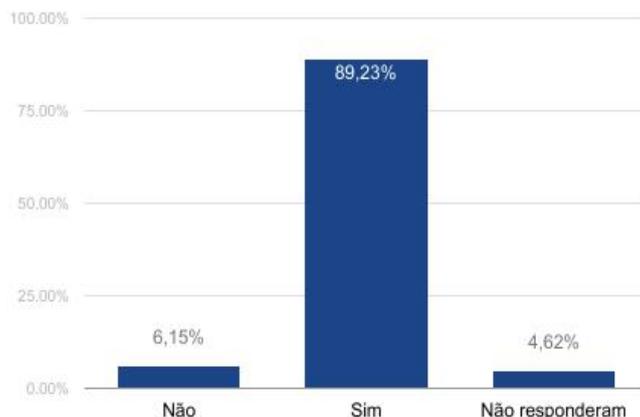
A atividade denominada de “Pesquisa de Experiência do Usuário” constituída por um questionário aplicado de maneira online, contou com a participação do grupo IEEE-SA P1876 WG (*Networked Smart Learning Objects for Online Laboratories Working Group*)<sup>77</sup> que trata da criação da norma para implementação de laboratórios remotos com seus respectivos objetos de aprendizagem em ambientes pedagógicos e docentes nas áreas STEM e ainda com alunos de ensino fundamental e médio.

### 5.1 Pesquisa de Experiência do Usuário

A pesquisa de experiência contou com a participação de especialistas na área de 31 países que avaliaram a solução, 46 alunos de ensino fundamental e 268 alunos de ensino médio.

Quando perguntado aos especialistas se recomendariam o uso da solução, 89,23% responderam positivamente recomendando a solução usada, sendo que apenas 6,15% afirmou não recomendar e outros 4,62% dos interrogados pela pesquisa preferiu não responder a questão, conforme exibe a Fig. 12.

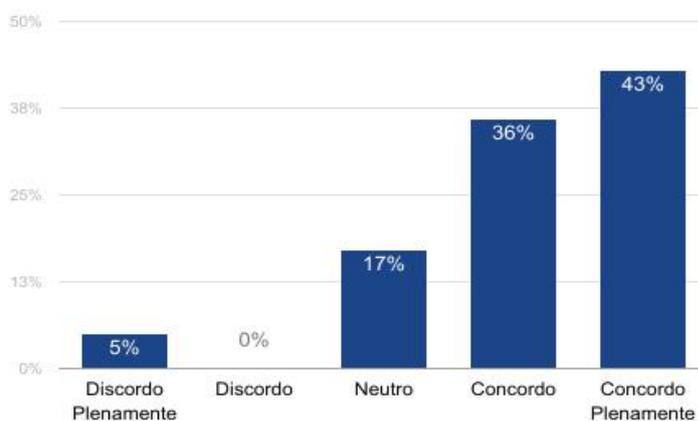
<sup>77</sup> <https://iee-SA.imeetcentral.com/1876public/>



**Fig. 12.** Análise de recomendação do GT-MRE.

Os mesmos avaliadores atribuíram uma nota à solução em uma escala que variava de 0 a 10. A notas dadas variaram de 4 a 10 e uma média aritmética das avaliações resultou em uma nota final de 7,96 com moda e mediana de 8, contando com um desvio padrão de 1,53.

Aos alunos de ensino fundamental, questionou-se um parecer a respeito da facilidade na aprendizagem utilizando experimentação remota como objeto pedagógico, mais de 50% dos alunos concordaram ou concordaram fortemente que a experimentação remota é um método mais fácil de aprender conforme exibe a Fig. 13.



**Fig. 13.** Percepção discente pela facilidade de aprendizagem com ER.

Aos alunos de ensino médio questionou-se se a flexibilidade de poder acessar um laboratório remoto a qualquer hora e a qualquer lugar era um fator importante. Cerca de 90,1% dos alunos consideraram a flexibilidade de acesso como um fator importante para o uso da solução conforme exibe a Fig. 14.

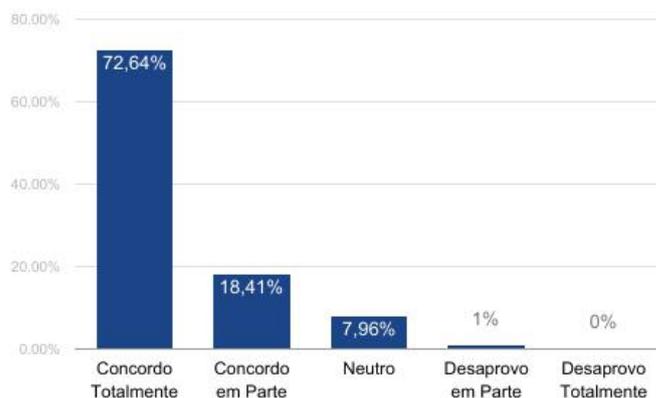


Fig. 14. Flexibilidade do uso da experimentação remota.

## 6 Conclusão

O uso de soluções que utilizam experimentação remota como ferramenta de ensino tem sido um grande aliado a docentes e discentes nos dias atuais, visto os problemas enfrentados pelos mesmos, como por exemplo, o da falta de laboratórios de ciências e ainda problemas que se relacionam com as metodologias de ensino que muitas vezes se encontram distantes dos alunos.

No âmbito deste trabalho, o propósito final foi demonstrar como a solução desenvolvida pelo GT-MRE pode auxiliar docentes e discentes de diferentes níveis de ensino no processo de ensino aprendizagem através das TIC mediante ao uso de MRE.

A proposta de união transversal entre tecnologia e educação apoiada pelo uso dos recursos móveis largamente difundidos atualmente promove uma grande disseminação de conteúdo, uma vez que há uma facilidade de acesso dos recursos, fator este que corrobora com a tentativa de inibir problemas relacionados às áreas STEM.

O uso de dispositivos móveis contribui ainda mais para o avanço de soluções como a proposta pelo GT-MRE, que em pouco tempo alcançou um número significativo de mais de 19 mil acessos, permitindo que professores e estudantes possam estender o tempo a qual podem se dedicar ao uso dos recursos para fora da sala de aula, acessando o recurso de qualquer lugar que provenha acesso a internet.

Centrado na difusão da educação de qualidade através da oferta de acesso a laboratórios remotos gratuitamente a ação de disponibilização de conteúdo de modo aberto sob licença *creative commons* permite com que o projeto se torne mais escalável, uma vez que instituições parceiras podem acessar todo o material produzido, modificar e replicar alimentando ainda mais a solução, como no caso de

parceiros que disponibilizam experimentos remotos no portal desenvolvido pelo grupo.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), pela Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) através do programa de Grupo de Trabalhos Temáticos em EaD e pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPq).

## Referências

1. Alves, G. R. et al., "Spreading remote lab usage a system — A community — A Federation," 2016 2nd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPÉE), Vila Real, 2016, pp. 1-7.
2. Blázquez, M., Castro, M., and Zubía, J. G.. Actions taken to include remote labs in secondary education. In 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE), pages 1–7, June 2016.
3. CETIC.BR. TIC - Educação, 2015.
4. Corter, J. E., Nickerson, J. V., Esche, S. K., Chassapis, C., Im, S., and J. Ma. Constructing reality: A study of remote, hands-on, and simulated laboratories. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 14(2), Aug. 2007.
5. García-Zubía, J., Angulo, I., Martínez-Pieper, G., de Ipinã, D. L., Hernández, U., Orduña, P., Dziabenko, O., Rodríguez-Gil, L., van Riesen, S. A. N., Anjewierden, A., Kamp, E. T., and de Jong, T.. Archimedes remote lab for secondary schools. In 2015 3rd Experiment International Conference (exp.at'15), pages 60–64, June 2015.
6. INEP. Censo da educação básica, outubro 2015.
7. T. L. Institute. Labshare - institute, abril 2017.
8. Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., and Freeman, A.. NMC Horizon Report: 2015 k-12 edition. Technical report, The New Media Consortium, Austin, TX, 2015.
9. Lowe, D.. Mools: Massive open online laboratories: An analysis of scale and feasibility. In 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), pages 1–6, Feb 2014.
10. Silva, Juarez Bento da. A utilização da experimentação remota como suporte para ambientes colaborativos de aprendizagem. 2007. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
11. Odeh, S., Alves, J., Alves, G. R., Gustavsson, I., Anabtawi, M., Arafeh, L., Jazi, M., and Arekat, M. R.. A two-stage assessment of the remote engineering lab visir at al-quds university in palestine. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, 10(3):175–185, Aug 2015.

12. Orduña, P., Zutin, D. G., Govaerts, S., Zorrozuza, I. L., Bailey, P. H., Sancristobal, E., Salzmann, C., Rodriguez-Gil, L., DeLong, K., Gillet, D., Castro, M., de Ipiña, D. L., and García-Zubia, J.. An extensible architecture for the integration of remote and virtual laboratories in public learning tools. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(4):223–233, Nov 2015.
13. Orduña, P., Rodriguez-Gil, L., Garcia-Zubia, J., Angulo, I., Hernandez, U., and Azcuenaga, E.. Labsland: A sharing economy platform to promote educational remote laboratories maintainability, sustainability and adoption. In *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–6, Oct 2016.
14. Orduña, P., Rodriguez-Gil, L., Garcia-Zubia, J., Dziabenko, O., Angulo, I., Hernandez, U., and Azcuenaga, E.. Classifying online laboratories: Reality, simulation, user perception and potential overlaps. In *2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pages 224–230, Feb 2016.
15. Salzmann, C., Govaerts, S., Halimi, W., and Gillet, D.. The smart device specification for remote labs. In *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pages 199–208, Feb 2015.
16. Watterson, P. A., L. Yeoh, A., Giampietro, C., Chapman, C. M., and Houghton, L. E.. Eddy current damper for the labshare remote laboratory shake table rig. In *2010 20th Australasian Universities Power Engineering Conference*, pages 1–6, Dec 2010.

## Juegos didácticos basados en realidad aumentada como apoyo en la enseñanza de biología

Deiner Restrepo Duran<sup>a1</sup>, Libardo Cuello Segundo<sup>a2</sup>, Leidys Contreras Chinchilla<sup>a3</sup>,

a Grupo de investigación GISICO, Universidad Popular del Cesar, Facultad de Ingenierías y Tecnológicas,

Valledupar, Colombia

drestrepoduran@hotmail.com, [libardoii@hotmail.com](mailto:libardoii@hotmail.com), [leidyscontreras@unicesar.edu.co](mailto:leidyscontreras@unicesar.edu.co)

**Resumen.** En este artículo presenta el diseño y desarrollo de una aplicación móvil basada en Realidad Aumentada (RA), como herramienta didáctica para apoyar el aprendizaje del área de biología en estudiantes de básica primaria. La RA es una tecnología que permite combinar elementos del mundo real con elementos del mundo virtual en tiempo real, esto se hace mediante el uso de marcadores (imagen), que al ser enfocados con la cámara de un dispositivo móvil muestran contenidos multimediales (objetos 3D, texto, videos, entre otros).

Para la realización de este proyecto se comenzó con la revisión de aplicaciones con RA en diversos entornos, luego se hizo un trabajo de campo entre docentes de básica primaria de la institución educativa seleccionada para el desarrollo de este proyecto, con el fin de identificar las áreas y temáticas más críticas, lo que condujo al diseño de una aplicación que permite apoyar la enseñanza del área de biología. Finalmente, se desarrolló la aplicación y se realizaron pruebas del prototipo entre estudiantes y docentes del colegio seleccionado.

Con el desarrollo de este proyecto se pudo evidenciar que la RA como herramienta didáctica favorece el aprendizaje de las temáticas de la asignatura de biología, debido a que los estudiantes pueden aprender de manera interactiva y divertida, de tal manera que se logre captar su atención.

**Palabras Clave:** Realidad aumentada, Educación, Aprendizaje, Aplicación

Móvil, Multimedia.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Enseñanza.

### 1 Introducción

La integración de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la educación han ayudado a mejorar la calidad educativa cambiando el modelo educativo tradicional, en el cual el docente dirigía completamente el aprendizaje de los estudiantes. Las TIC permiten que los estudiantes avancen al ritmo de sus propias capacidades e intereses presentando metodologías más ricas con contenidos

multimedia para una enseñanza más dinámica, atractiva y personalizada, los estudiantes ven la interacción con la tecnología dentro del aula de clase como algo divertido ya que les permite un mayor acceso a la información, además de permitir una integración físico-virtual mejorando las experiencias educativas, integrando y complementado el aprendizaje físico con el virtual, de forma intuitiva y simple [1] [2].

El desarrollo de las TIC ha permitido crear nuevas tecnologías que fortalecen los procesos de enseñanza y aprendizaje, unas de estas tecnologías es la realidad aumentada (RA) según uno sus pioneros Ronald T. Azuma en su artículo “A Survey of Augmented Reality”, define las 3 características principales de esta:

- ✓ Combina el mundo real y el virtual.
- ✓ Interactiva en tiempo real.
- ✓ Registrada en 3d.

Se puede afirmar que la RA es una tecnología que adiciona contenido virtual (imágenes, video, objetos 3d, entre otros.) al mundo físico de manera interactiva en tiempo real. La RA es un subconjunto de la realidad virtual (RV) y tienen que ser distinguidas una de otra, mientras la RA añade o superpone información al mundo físico, la RV reemplaza al mundo físico con un entorno meramente virtual [3], como se puede observar en la Fig 1 :

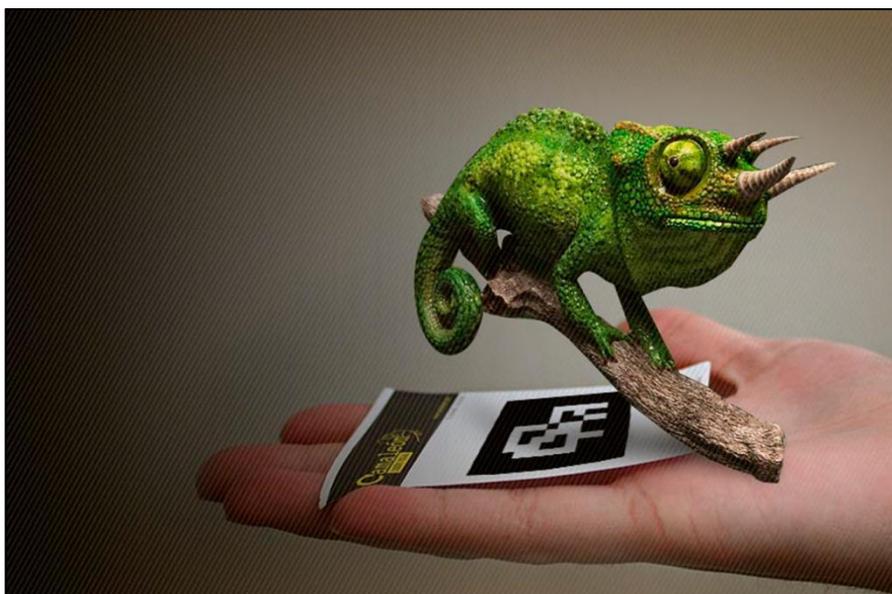


**Fig 1.** RA (izq.) vs RV (der.)

### 1.1 Tipos de Realidad aumentada

Según Olleta y Alonso [4], existen dos tipos de RA: la que emplea el reconocimiento de marcadores o imágenes, y la que está basada en la posición espacial.

- **Basada en marcadores:** Consiste en una imagen con ciertas características en la cual se superpone el contenido virtual por parte de una cámara como una webcam o la cámara de un dispositivo móvil (Smartphone, Tablet).el software es capaz de seguir la imagen, es decir, si la imagen es movida la información superpuesta sobre ella se moverá para el mismo lado. Generalmente el marcador es un código QR debido a su facilidad para ser creado y su capacidad para almacenar información (Ver Fig 2). También pueden ser usadas como marcadores imágenes como fotografías o texturas



**Fig 2.** realidad aumentada marcador QR

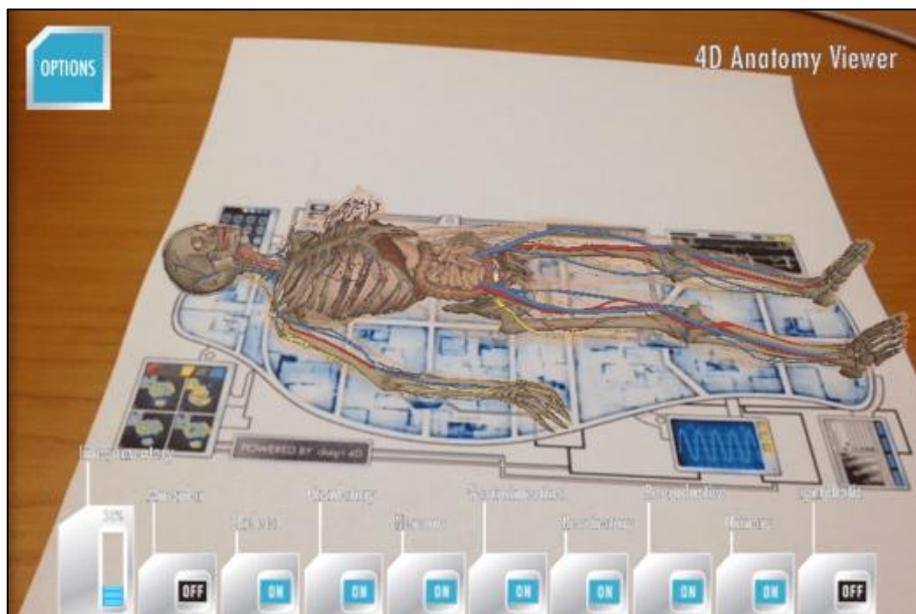


Fig 3. marcador imagen

- **Basada en Geolocalización:** Está enfocada principalmente para los dispositivos móviles utilizando su GPS para localizar al usuario y superponer la información en las coordenadas establecidas en el software. Es muy usada como un apoyo turístico a las visitantes de una ciudad. La aplicación más destacada es Layar, una App para dispositivos móviles que ofrece servicios como la búsqueda de cajeros automáticos, restaurantes, zonas de parqueo y transporte público [5].



Fig 4. Aplicación layar

## 1.2 Elementos de Realidad Aumentada

En la Fig 5 se muestran los elementos de hardware y software que hacen posible la RA [6]

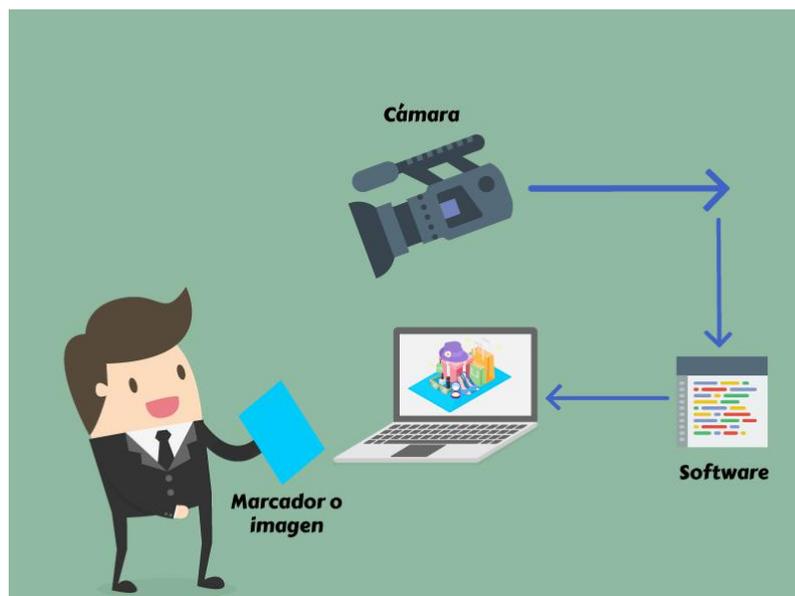


Fig 5. Elementos de RA

- **Cámara:** es el dispositivo encargado de la captura la información del mundo real y transmitirla al software.
- **Software:** Programa que toma los datos reales y los transforma en realidad aumentada.
- **Marcador:** básicamente es una imagen con ciertas características que el software interpreta y de acuerdo a un marcador específico realiza una respuesta específica, como por ejemplo mostrar una imagen 3D o reproducir un video.

## 2. Materiales y metodos

**2.1 Tipo de investigación:** Para la realización de este proyecto se llevó a cabo una investigación proyectiva [7], debido a que existía una necesidad de tipo práctico, la cual se debía solucionar a través de: un diagnóstico preciso de las necesidades, para luego diseñar la mejor solución posible para estas necesidades y desarrollar la más óptima que apoyara los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de básica primaria.

**2.2 Población y muestra:** La población beneficiaria de este proyecto es la comunidad académica de la Institución Educativa Ciro Pupo Martínez, en total 92

personas: Docentes (71), un Rector (1), Orientadoras (1), Coordinadores (2), Secretarias (3), Celadores (4), Aseadoras (7), Pagador (1), Bibliotecario (1) y Conductor (1). Se seleccionó una muestra por conveniencia, donde se escogieron los 25 docentes de básica primaria de la institución.

**2.3 Técnicas de recolección de información:** Para la recolección de la información requerida se realizaron encuestas y entrevistas entre los docentes de básica primaria de la institución educativa seleccionada, con el fin de indagar que la usabilidad de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje en sus asignaturas y conocer las temáticas más críticas en las mismas.

**2.4 Metodología utilizada:** La metodología utilizada para la realización de este proyecto consta de tres(3) etapas que se describen a continuación:

**2.4.1 Etapa 1: Revisión de contenidos acerca de RA:** Durante esta etapa se revisaron diversos artículos, tesis, publicaciones científicas, que están directamente relacionados con el tema de investigación. La revisión de esta literatura abarcó de los años 2005 a 2014, estos documentos fueron tomados de bases de datos científicas y repositorios institucionales, mediante las siguientes ecuaciones de búsqueda:

- “Realidad Aumentada en Educación”.
- “Aplicaciones de realidad aumentada”
- “Marcadores realidad aumentada”
- “Aplicación de la Realidad Aumentada en la Educación”.
- “Augmented Reality in education”

**2.4.2 Etapa 2:** Trabajo de campo entre docentes de la institución seleccionada: en esta etapa se realizó una encuesta entre los 25 docentes de básica primaria de la Institución Educativa Ciro Pupo Martínez, para conocer el estado actual del uso de las TIC en las diferentes áreas de enseñanza.

**2.4.3 Etapa 3:** Diseño e implementación de la Aplicación de Realidad Aumentada: En esta etapa se realizó el diseño, desarrollo y prueba de la aplicación, utilizando la metodología ágil XP (Extreme Programming) para el desarrollo de software, la cual consta de cinco (5) fases: Exploración, planificación, proceso de desarrollo, puesta en producción, y mantenimiento. [8].

### 3. Resultados y analisis

**3.1 Etapa 1: Revisión de contenidos acerca de RA:** En la revisión de literatura efectuada se encontró la aplicación de RA en diferentes áreas del conocimiento, tales como: educación, marketing, videojuegos, turismo y medicina entre otras, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Aplicaciones de la RA en las diferentes áreas.**

AREA	USOS O APLICACIONES			
<b>Educación</b>	La RA permite a los estudiantes aprender directamente interactuando con elementos virtuales.	Los libros basados en RA con contenido multimedia mejoran la experiencia de aprendizaje.	El desarrollo de nuevas metodologías para procesar la información a través de imágenes virtuales, permite al estudiante experimentar diferentes situaciones de aprendizaje en un entorno virtual inmersivo, agregando contenidos textuales, multimedia, entre otros	La RA permite a los estudiantes aprender geografía de manera interactiva
<b>Marketing</b>	LA RA permite ofrecer información al cliente acerca de un producto en venta con solo enfocar el producto con la cámara de un dispositivo móvil.	El desarrollo de probadores virtuales en el cual el cliente con un marcador o sin él, puede ver cómo le quedara la ropa, un reloj, pulsera, etc. poder cambiar el modelo y el color del producto a su gusto, de manera que el cliente puede observar como se ve con el objeto y decidir si lo quiere comprar o no.	Marcas como Unilever, Nestlé y Heinz han identificado la realidad aumentada como un medio clave de mejorar e incrementar la respuesta a las campañas	
<b>Videojuegos</b>	La RA permite transformar el entorno o ambiente en una zona de entrenamiento interactivo.			
<b>Turismo</b>	La RA se transforma en una guía para los turistas y visitantes de una ciudad apoyándolos con la ubicación de los sitios más importantes con solo enfocar la cámara del dispositivo móvil.			
<b>Medicina</b>	La RA brinda apoyo a los cirujanos en las operaciones y cirugías superponiendo órganos y estructuras internas del paciente, con el fin de minimizar los riesgos.			

FUENTE: Elaboración propia a partir de: [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] [26]

En la Tabla 1 se puede observar que el área donde mayormente se utiliza la RA es la educación, debido a que el uso de estas nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de imágenes virtuales, permiten al estudiante experimentar diferentes situaciones de aprendizaje en un entorno virtual inmersivo, agregando contenidos textuales, multimedia, entre otros. Esta combinación es muy útil, ya que dinamiza el aprendizaje y favorece la aprehensión de conocimientos de una manera divertida y lúdica. Según el análisis realizado se puede afirmar que el uso de esta tecnología en conjunto con el diseño de videojuegos representan un elemento motivador para los alumnos, debido a que el nivel de colaboración que se puede alcanzar en aplicaciones con RA es mayor al que se puede obtener mediante el uso de dispositivos convencionales, como el mouse y teclado de un computador.

En la actualidad existen aplicaciones de RA que han sido utilizadas para la enseñanza de contenidos; en general, los contenidos que se han abordado utilizando esta tecnología son aquellos en que el alumno requiere ser capaz de manejar un alto nivel de abstracción para comprenderlos. Al permitir interactuar con distintos elementos, la RA posibilita que los alumnos sean capaces de percibir y controlar objetos que de otra forma sería imposible. Por otro lado, al no eliminar el contexto del mundo real, esta tecnología permite que esto sea realizado sin perder la comunicación y colaboración que pueden ser necesarios en distintos contextos educativos [9]

Una de las experiencias más recurrentes han sido aquellas basadas en la metáfora del libro aumentado, empleada sobre todo en aplicaciones relacionadas con entornos educativos. Así, a partir de un marcador impreso en una de las páginas, es posible acceder a información adicional mediante gráficos 3D, que muestran figuras virtuales que aparecen sobre las páginas del libro y que se visionan a través de la pantalla de un computador con webcam [25]

### **3.2 Etapa 2: Trabajo de campo entre docentes de la institución seleccionada**

Según entrevista realizada al rector de la institución, este colegio fue beneficiado en abril del año 2014 con la entrega de 650 tabletas digitales, en el marco del programa del Gobierno Nacional “Computadores para educar”, que busca la implementación del uso y apropiación de las TIC, en especial las tecnologías móviles (tabletas digitales), como estrategia pedagógica para aportar en el mejoramiento de la calidad educativa, a través de prácticas de aprendizaje que desarrollen competencias con la apropiación de los dispositivos móviles, la formación de docentes, los contenidos y aplicaciones digitales.

La encuesta realizada a los 25 docentes de primaria de la institución, evidenció que hasta el momento estas tabletas no se han puesto en funcionamiento, debido a que ellos no se sienten capacitados para su utilización. También se pudo observar que el 90% no utiliza las TIC en sus procesos pedagógicos por falta de conocimiento, el 95% considera que la metodología actual necesita ser dinamizada con la inclusión de nuevas tecnologías que motiven e incentiven a los estudiantes. Así mismo, se pudo determinar que las áreas con mayor dificultad para captar la atención de los estudiantes son las matemáticas, seguida por lengua castellana y ciencias naturales (30%, 27%, 23% respectivamente), el 20% restante fue distribuido en otras áreas. (Ver Fig 6).

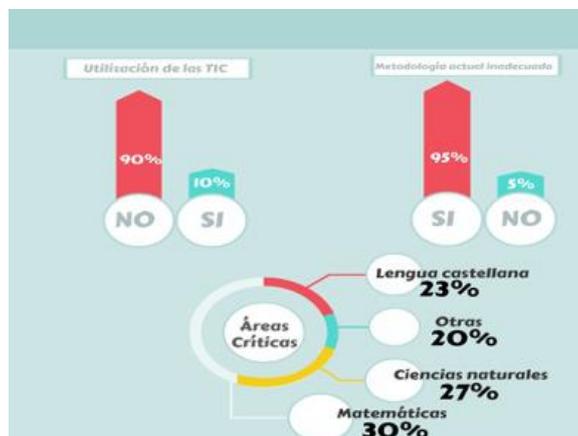


Fig. 6 Resultados

### 3.3 Etapa 3: Diseño e implementación de la Aplicación de Realidad Aumentada:

Para la realización de este proyecto se usó el SDK (kit de desarrollo de software) de realidad aumentada creado por la compañía Qualcomm llamado Vuforia, junto al motor de videojuegos Unity3d que además de permitir marcadores como una imagen también puede usar marcadores con forma cilíndrica (vaso, botella de vino), forma de caja (cajeta de cereales) y objetos (juguetes de niños como vehículos que contengan suficientes detalles visuales). La metodología utilizada para el desarrollo de software fue la metodología ágil XP (Extreme Programming), la cual consta de cinco (5) fases: Exploración, planificación, proceso de desarrollo, puesta en producción, y mantenimiento. [8].

De acuerdo a los resultados del trabajo de campo realizado en la etapa anterior, con el mismo grupo de docentes se determinó el área en la que se iba a trabajar y se definieron las temáticas más críticas para la comprensión de los niños. Se decidió comenzar con el área de biología, el tema “reinos de la naturaleza” y una vez probado el prototipo en esta área ir abordando otras de acuerdo a las prioridades dadas por los docentes de las mismas. Para comenzar el desarrollo, se les pidió a los docentes que seleccionaran las temáticas que consideraban más difíciles de comprender entre los estudiantes y se les pidió que diseñaran en papel, los temas y la forma cómo estarían distribuidos en la interfaz gráfica, con el fin de desarrollarla en el software, lo más cercano a lo requerido por ellos. Una vez realizado el diseño en papel de la interfaz gráfica como se muestra en la Fig 7, se procedió a desarrollarla en el software seleccionado, siguiendo cada fase de la metodología XP. También se diseñaron los marcadores correspondientes en forma de cartilla. El prototipo fue refinado varias veces hasta obtener la satisfacción de los usuarios.



Fig 7. Diseño de la interfaz

La aplicación a desarrollar consta de una escena principal con dos opciones básicas (ver Fig 8 ):

- Aprender
- Pintar



Fig 8. Escena Principal

Además de las opciones principales esta escena cuenta con tres botones en la parte superior que permiten al usuario obtener información de los desarrolladores (1) de la aplicación, configurar el idioma (2), visualizar las instrucciones (3) y salir de la aplicación (4).

Al tocar el botón Aprender, se despliega una nueva escena con un menú que consta de las siguientes opciones (ver Fig 9):

- Animal
- Vegetal
- Hongo
- Protista
- Mónera



**Fig 9. Menú Principal**

Esta vista consta adicionalmente de dos botones que permiten volver a la vista anterior (1) y acceder a la evaluación de la temática (2).

Al tocar cualquier opción del menú se desplegará un submenú con las correspondientes divisiones de cada reino (ver Fig 10).



**Fig 10.** Submenú

En la Fig 10 tenemos por ejemplo el reino animal donde se muestra su correspondiente división:

- Mamíferos
- Anfibios
- Reptiles
- Peces
- Aves
- Artrópodos
- Moluscos
- Celenterados
- Anélidos
- Equinodermos

Al tocar cualquier opción del submenú Fig 10 se despliegan las escenas de RA. Cada escena contiene modelos 3D de los seres vivos más representativos de cada división (ver Fig 11).



**Fig 11. Escena RA**

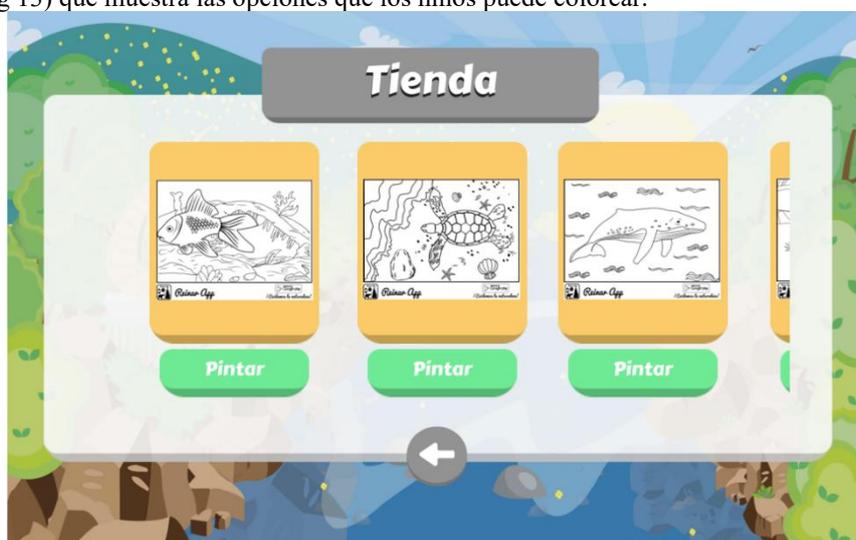
La escena de realidad aumentada cuenta con elementos que permiten al usuario interactuar y obtener información acerca del modelo 3D que se presenta:

- **Volver (1):** Permite que el usuario vuelva al menú principal y pueda escoger otra opción.
- **Cámara (2):** Toma una captura de pantalla del modelo 3D presente. Esa captura puede ser almacenada en el dispositivo móvil o compartida en las diferentes redes sociales.
- **Anatomía (3):** Muestra la anatomía del ser vivo.
- **Información (4):** Muestra un panel con información básica acerca del correspondiente modelo que se encuentre visualizando (ver Fig 12).
- **Joystick (5):** Solo disponible en el reino animal, permite interactuar con el modelo moviéndolo en cualquier dirección.
- **RV/RA (6):** Permite al usuario cambiar la vista de Realidad Aumentada a Realidad Virtual y viceversa.
- **Adelante y Atrás (7):** Cambia entre los diferentes modelos con los que cuenta la escena.
- **Botones de acciones (8):** Cuenta con las acciones del ser vivo.



**Fig 12. Información**

La opción Pintar Fig 8 permite al usuario colorear los marcadores y estos cambian el aspecto del modelo en la aplicación. Al tocar esa opción se despliega una escena (ver Fig 13) que muestra las opciones que los niños puede colorear.



**Fig 13. Opciones de colorear**

Al tocar cualquier opción del menú, se ingresará a una prueba de selección múltiple, con la temática correspondiente.



**Fig 14. Prueba de selección múltiple**

La prueba de selección múltiple Fig 14 consta de los siguientes elementos:

- **Cronometro:** mide el tiempo que demora el usuario realizando la prueba.
- **Puntaje:** mide el puntaje total obtenido por el usuario.
- **Calificar:** al tocar se calificará la prueba, si la respuesta es acertada se mostrará un mensaje notificando que la respuesta fue correcta ,en caso contrario se mostrara un mensaje indicando que la respuesta fue incorrecta.

Una vez finalizada la prueba se muestra un panel con los resultados, en este panel se muestra la siguiente información:

- Cantidad de intentos (máximo 3).
- Puntaje total.
- Tiempo en el que realizo la prueba.



**Fig 15. Panel Resultado**

## **4 Conclusiones**

Las TIC constituyen en la actualidad una herramienta muy importante para la educación, apoyando el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes, permitiéndole intercambiar conocimientos y experiencias acerca de un tema, en todos los niveles de educación, reduciendo así la brecha digital que existe en los países del tercer mundo.

La RA es una tecnología que motiva e incentiva a los estudiantes a conocer más sobre lo que hay en su ambiente, así como divertirlos mientras lo hacen, la utilización de libros y aplicaciones con RA, donde los objetos parecen cobrar vida, la posibilidad de interactuar con ellos y poder visualizarlos desde todos los ángulos, motiva a los estudiantes a explorar nuevos conocimientos y deja atrás la forma estática de ver las temáticas en las hojas de los libros.

Con el desarrollo de esta aplicación se pudo aprovechar las bondades de la RA, como herramienta didáctica; las pruebas realizadas pudieron evidenciar el potencial de la aplicación para captar la atención de los niños, ya que podían interactuar sin ningún temor con cada una de las opciones de la misma y apropiarse de los conocimientos de manera más divertida, debido a que la utilización de un dispositivo móvil, atraía su atención y les motivaba a interactuar con el aplicativo.

El desarrollo de este proyecto abre nuevas posibilidades para continuar realizando aplicaciones utilizando esta tecnología, debido a que, se pudo observar la aprehensión de contenidos de gran importancia en el aprendizaje de los alumnos, en especial los

niños, logrando de esta manera una armonía entre su desarrollo mental y su capacidad de adquirir conocimientos, de una forma más adecuada a la etapa en la que se encuentran.

## Referencias

- 1 J. Fonoll Salvador, J. García Fernández, J. García Villalobos, A. Guerra Álvarez, C. Jaúdenes Casaubón, L. Martínez Normand y R. Romero Zúnica, «Accesibilidad e inclusión. Inaccesibilidad y exclusión,» de Accesibilidad, TIC y educación, Madrid, Ministerio de educación, 2011, pp. 18-28.
- 2 F. Telefonica, «Motivaciones y frenos al uso de la TIC,» de Aprender con tecnología, Madrid, Ariel, 2012, pp. 20-21.
- 3 A. B. Craig, «Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications,» Waltham, Elsevier, 2013, pp. 15-20.
- 4 M. Olleta Aquerreta y R. Alonso González, «VIRTUALIZACIÓN DE VILLAVA MEDIANTE GOOGLE EARTH Y REALIDAD AUMENTADA: MODELADO 3D, GEOLOCALIZACIÓN Y CÓDIGOS QR,» Académica-e, pp. 12-14, 2013.
- 5 M. d. C. D. España, «Ministerio de Educación, Cultura y Deporte,» [En línea]. Available: [http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/bibliotecas/novedades/destacados/novedades201102/tutorial\\_layar.pdf](http://www.mecd.gob.es/cultura-mecd/dms/mecd/cultura-mecd/areas-cultura/bibliotecas/novedades/destacados/novedades201102/tutorial_layar.pdf). [Último acceso: 08 04 2014].
- 6 V. Marco Romera, «Análisis de plataformas de realidad aumentada y desarrollo de la capa virtual de la UPNA,» académica-e, pp. 11-12, 2013.
- 7 J. Hurtado de Barrera, Comprensión Holística de la Investigación y la Metodología, Séptima ed., Maracaibo: Quirón, 2014.
- 8 E. Kenneth y J. Kendall, Análisis y Diseño de Sistemas, Sexta ed., México: Pearson Education, 2005, pp. 68-78.
- 9 X. Basogain, K. Olabe, C. Espinosa y J. Olabe, «Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente,» Electrical and Computer Engineering, 2010.
- 10 E. Rivera, L. Quispe y Y. Montalvo, «Realidad aumentada e inteligencias múltiples en el aprendizaje de matemáticas,» Intercon 2011, 2011.
- 11 J. Carracedo y C. Martínez, «Realidad aumentada: una alternativa metodológica en la educación primaria nicaraguense,» IEEE, 2012.
- 12 . M. Contreras, . M. Chirinos y M. Araque, «REALIDAD AUMENTADA: UNA NUEVA VISIÓN DE INTERACCIÓN,» Revista Electrónica de la Universidad Valle del Momboy, vol. 8, pp. 1104-1005, 2013.
- 13 P. G. A. Roncagliolo, A. Orellana y P. Massaro, «Sistema de realidad aumentada para planificación microquirúrgica basado en dispositivos móviles

- de uso masivo,» JORNADAS CHILENAS DE INGENIERIA BIOMEDICA 2007, 2007.
- 14 C. Ortiz, «Realidad aumentada en medicina,» Revista colombiana de cardiología, 2011.
  - 15 F. Cañadillas, J. Jardón y C. Balaguer, «Diseño preliminar de interfaces de realidad aumentada para el robot asistencial ASIBOT,» 2013.
  - 16 J. Martí Parreño, «Publicidad expandida mediante realidad aumentada,» Dialnet, pp. 31-32, 2011.
  - 17 J. Research, « Juniper Research,» Juniper Research, 01 06 2011. [En línea]. Available: <http://www.juniperresearch.com/viewpressrelease.php?pr=427>. [Último acceso: 08 11 2013].
  - 18 E. Madinabeitia, «La publicidad en medios interactivos, en busca de nuevas estrategias,» Telos: Cuadernos de comunicación e innovación, 2010.
  - 19 R. Ron, A. Alvarez y P. Nuñez, Los efectos del marketing digital en niños y jóvenes: Smartphones y tablets ¿enseñan o distraen?, Madrid: ESIC, 2013.
  - 20 A. Correa, «GenVirtual: An Augmented Reality Musical Game for Cognitive and Motor Rehabilitation,» Virtual Rehabilitation, 2007.
  - 21 L. Wonwoo, W. Woontack y L. Jongweon, «TARBoard: Tangible Augmented Reality System for Table top Game Enviroment,» IEEE, 2005.
  - 22 D. TaHuynh, X. Yan y B. MacIntyre, «Art of defense: a collaborative handled augmented reality board game,» School of Interactive Computing and GVU Center, 2009.
  - 23 M. Callejas Cuervo, J. G. Quiroga Salamanca y A. Alarcón Aldana, «Ambiente interactivo para visualizar sitios turísticos, mediante realidad,» CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA, vol. II, pp. 99-105, 2011.
  - 24 J. Leiva, A. Guevara, C. Rossi y A. Aguayo, «Realidad aumentada y sistemas de recomendación grupales, una nueva perspectiva en sistemas de destinos turísticos,» Estudios y Perspectivas en Turismo, pp. 40-59, 2014.
  - 25 D. Ruiz, «Realidad aumentada y patrimonio cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural,» Revista electrónica de patrimonio histórico, 2011.
  - 26 M. Callejas, J. Quiroga y A. Alarcón, «Ambiente interactivo para visualizar sitios turísticos mediante realidad aumentada implementando layar,» CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA, 2011.

## MOOCs UTPL: Plataforma de Gestión de Aprendizaje Gamificado

Rodrigo Saraguro-Bravo<sup>1</sup>, Jennifer Samaniego<sup>2</sup>, Ricardo Blacio Maldonado<sup>3</sup>

1 Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación,

Guayaquil, Ecuador  
rasarag@espol.edu.ec

2 Universidad Técnica Particular de Loja, Dirección de Tecnologías para la Educación  
Loja, Ecuador

jbsamaniego@utpl.edu.ec

3 Universidad Técnica Particular de Loja, Dirección de Materiales y Recursos Educativos  
Loja, Ecuador

[rpblacio@utpl.edu.ec](mailto:rpblacio@utpl.edu.ec)

**Resumen.** La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) es una institución autónoma con fines sociales y públicos. En general se centra en la enseñanza, la investigación y la extensión; elementos convergentes hacia un modelo educativo de aprendizaje activo e innovación, que se traduce en un liderazgo de servicio profesional y vinculación con la sociedad. UTPL es pionera entre las universidades ecuatorianas en la gestión del aprendizaje en línea. En este trabajo se presenta el modelo MOOCs UTPL como una plataforma tecnológica que integra pedagogía y elementos de gamificación. El proyecto arrancó con dos cursos piloto, donde se experimentó el uso de varias herramientas, plugins, widgets y elementos de juego para el desarrollo de un Diseño Instruccional Innovador usando Moodle 2.8. Luego de finalizar varias ediciones de los cursos se logró obtener un modelo válido que cuenta con un 29% de finalización comparado al 10% que se presenta en otros estudios. Esta tasa de finalización ha permitido definir el diseño y oferta de cursos autónomos de formación básica para la Modalidad Abierta y a Distancia, y que en el 2016 superó los 19.000 usuarios registrados.

**Palabras clave:** MOOC, plataforma, diseño instruccional, gamificación, modelo

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Enseñanza

### 1 Introducción

Los Cursos Masivos Abiertos en Línea (MOOC) se han convertido en un importante medio de contribución de las universidades hacia la sociedad actual y a la vez les ha permitido involucrarse en la era digital; tal es la relevancia que New York Times declaró el 2012 como "el año del MOOC"[1]. Este tipo de modelo educativo ha facilitado que miles de estudiantes aprendan de forma gratuita desde cualquier punto geográfico, a través de las mejores universidades del mundo y con docentes expertos en las temáticas. Además, ha permitido evaluar nuevas prácticas y estrategias de enseñanza; analizando: aptitudes, intereses y comportamientos del participante frente al uso de este modelo, así como fortalecer la gobernanza y el liderazgo de las universidades abiertas [2].

Los MOOC como una evolución del aprendizaje en línea están logrando cada vez mejores experiencias de aprendizaje. Varios estudios [3],[4] mencionan que su objetivo va más allá de impartir contenidos e integrar tecnologías actuales, deben

lograr una motivación activa, experimentar emociones y reconocer logros de aprendizaje alcanzados a través de metodologías innovadoras.

Es por ello que en el presente trabajo se presenta el modelo MOOCs UTPL como una propuesta tecnológica de apoyo a la enseñanza-aprendizaje. Además, se describe el proceso de construcción de los cursos que se ofertan en la plataforma y los resultados alcanzados en 3 cursos potenciales.

### 1.1 Primer piloto

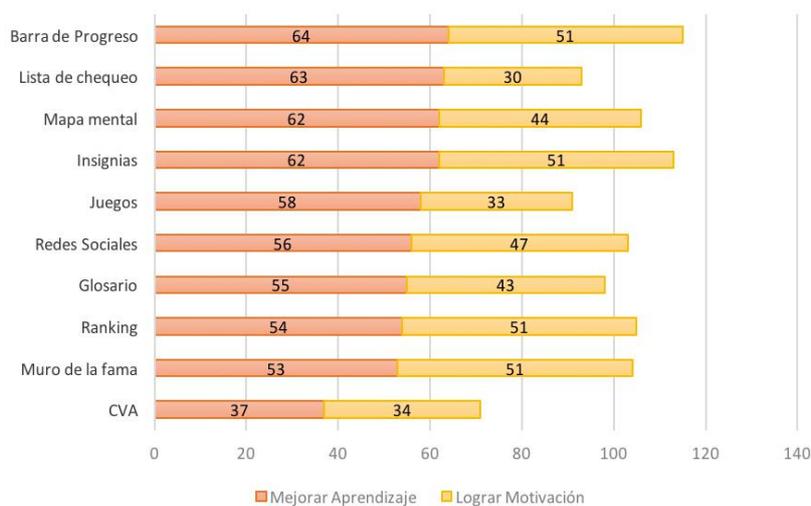
MOOCs UTPL es un proyecto que nace en el 2015 con el objetivo de experimentar varios *Sistemas de Gestión de Aprendizaje* (LMS) Moodle y Mahara, plugins, módulos, widgets, y herramientas externas que permitan simular un *Ambiente Personal de Aprendizaje* (PLE). Mientras se desarrollaba el piloto se analizó y determinó darle un enfoque hacia el aprendizaje abierto y masivo; facilitando la producción y de análisis de datos, entre ellos: accesos por semana, tiempos de dedicación, finalización de actividades, porcentajes de cumplimiento, nivel de satisfacción y motivación. En la siguiente tabla se mencionan las herramientas y plugins instalados en Moodle y utilizados en el curso “Introducción a la Gamificación” en su segunda edición (Tabla 1).

**Tabla 1.** Módulos, plugins y widgets utilizados en el curso “Introducción a la Gamificación” en su segunda edición

Herramienta en el curso	Nombre	Tipo	Versión
Glosario	Glossary	Module	2.8
Crucigrama y Ahorcado	Game	Activity	2.8
Mapa mental	MindMap	Activity	2.8
Ranking	Ranking	Block	2.8
Muro de la fama	Stamp collection	Activity	2.8
Barra de Progreso	Progress Bar	Block	2.8
Lista de chequeo	Checklist	Activity	2.8
Insignias o medallas	Badge	Module	2.6
Visualizador de Insignias	Recent badge	Block	2.9
Comunidad Virtual (CVA)	Mahara	LMS	2.8
Accesibilidad	Accessibility	Block	2.8
Red Social	Facebook, Twitter	Widget HTML	2.x
Interfaz de la plataforma	Eguru	Theme	2.8

Al finalizar cada curso se logró analizar varios elementos del curso que según la perspectiva del participante fortalecían su proceso de aprendizaje y motivación; a su vez se descartaron aquellas herramientas no viables y que puedan influir en el fracaso del participante y la deserción del curso.

Para evaluar el nivel de satisfacción y motivación alcanzado en los participantes se realizó una encuesta final del curso. En esta evaluación participaron 65 encuestados que corresponde al 59,09% del total de participantes activos de la semana inicial del curso. Logrando buena aceptación las herramientas: barra de progreso con el 88%, insignias con el 87%, mapa conceptual con el 82% y ranking con el 81%. Sin embargo, existió una tendencia negativa con la Comunidad Virtual de Aprendizaje que apenas superó el 55% en comparación a las demás herramientas (Figura 1). Posiblemente se debió a que los participantes no deseaban utilizarla como red social, y su principal enfoque es el diseño de portafolios electrónicos [5].



**Fig. 1.** Evaluación de herramientas en MOOCsUTPL

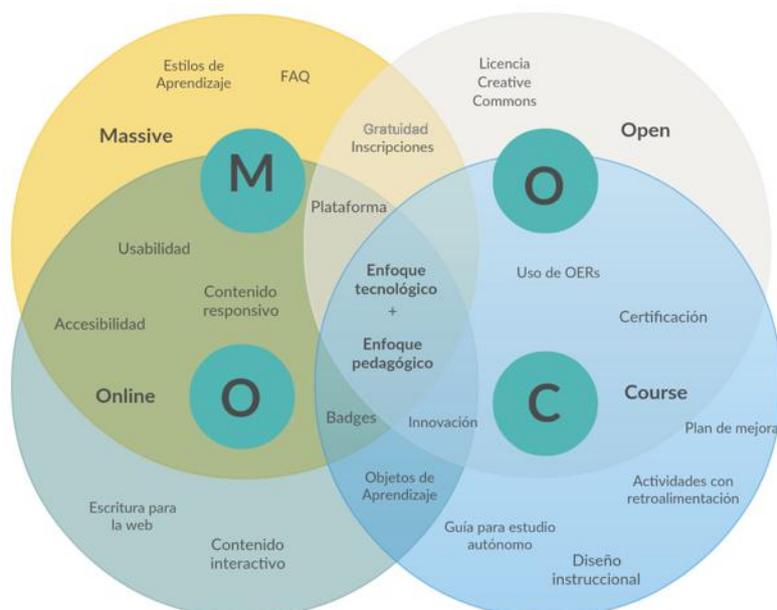
A partir de este piloto, la Dirección de Tecnologías para la Educación de la UTPL continúa explorando nuevas metodologías y herramientas para mejorar niveles de aprendizaje y satisfacción de los estudiantes y que sirva como retroalimentación para sus demás plataformas institucionales.

## 2 Modelo MOOCs UTPL

La UTPL como agente de transformación en los procesos de enseñanza-aprendizaje, innovación educativa y vinculación con la sociedad, ha planteado la apertura al conocimiento como una forma de permitir el acceso a los contenidos que produce, e incentivar nuevas formas de enseñar y aprender.

La plataforma registra más de 19500 usuarios e integra varias de las herramientas que tuvieron efecto positivo en los cursos experimentados. Bajo esta perspectiva se planteó la creación de 3 nuevos cursos: Expresión Oral y Escrita, Realidad Nacional y Metodología de Estudio; asignaturas de formación básica dentro de las mallas curriculares de la Modalidad Abierta y a Distancia. El objetivo preliminar fue brindar

al estudiante nuevos recursos que permitan reforzar su formación integral a través de estrategias que fomenten la participación activa y su motivación como estudiantes de nivel inicial.



**Fig. 2** Modelo MOOCs UTPL

## 2.1 Plataforma

Las plataformas virtuales de aprendizaje facilitan el aprendizaje abierto en línea. Sin embargo, no solo deben responder a estas características, sino que también deben cumplir nuevas características que integran las plataformas populares, entre ellas: personalizar su interfaz personal, organizar su contenido, registrarse y acceder de forma sencilla mediante redes sociales, permitir al usuario planificar sus tareas, resolver tareas de forma lúdica, visualizar e interactuar con diversidad de objetos de aprendizaje, coleccionar insignias, e incluso trabajar con herramientas externas: intérpretes de código fuente, widgets y otras herramientas que impulsan el trabajo colaborativo de forma síncrona y asíncrona.

Entre la variedad de opciones disponibles en la web, se continuó con la plataforma educativa del piloto inicial, ya que Moodle ofrece muchas características de innovación educativa en comparación con otros LMS [6]; como software de código abierto que permite desarrollar nuevos módulos, explorar las últimas actualizaciones y aportes de la comunidad de desarrollo, disposición de variedad de actividades y recursos; así como el soporte de varios formatos de contenido multimedia. Para el diseño de cuestionarios ofrece muchos tipos de preguntas y posibilidades. Finalmente destacar que permite diseñar cursos con elementos de gamificación probados

previamente en el piloto: insignias, ranking, barra de progreso, estampas, niveles y muchos más.

## 2.2 Diseño Instruccional

Se ha demostrado sistemáticamente en diferentes estudios [7] que la tecnología obtiene un impacto significativo en la enseñanza-aprendizaje siempre y cuando se lo combine con un adecuado diseño instruccional. Es así que los diseñadores instruccionales cumplen una labor fundamental al incorporar enfoques pedagógicos eficaces en el curso.

Al diseñar un curso de autoformación es necesario evaluar minuciosamente los objetivos de aprendizaje y su forma de medir los resultados esperados. Es necesario entender que no solo debe tener un enfoque conceptual de contenidos, sino que se debe lograr la capacidad intelectual de los participantes para: filtrar y evaluar información similar en la web u otros cursos, fomentar la motivación para aplicar lo aprendido y replicar su conocimiento con la sociedad [8]. A su vez, dentro de su diseño instruccional se deben diseñar un sin número de actividades que abarquen muchos de los estilos de aprendizaje. De acuerdo con Clares [4], la introducción de los estilos de aprendizaje en el ámbito educativo, viene a confirmar la reciente preocupación por la forma de aprender del estudiante, y el intentar facilitar a este su tarea mediante propuestas que se acerquen más a cómo perciben mejor los aprendizajes, llegando su aplicación en: matemática, educación musical relacionada con la inteligencia emocional, idiomas, veterinaria, etc.

Como se ha mencionado en varias secciones de este documento, un curso de autoformación debe detallar claramente su enfoque y orientaciones, el uso de tecnología como una nueva oportunidad de aprendizaje y aceptación de las críticas para la mejora continua. Es por ello que en el modelo propuesto al menos se debe considerar los siguientes elementos:

- Una guía de estudio y planificación del curso donde se incluyan los objetivos de aprendizaje, tiempo estimado semanal y global del curso, resumen de contenidos y preguntas frecuentes pre-planificadas.
- Orientaciones semanales y diálogo didáctico dentro del curso para contrarrestar el efecto de la ausencia de tutores.
- Actividades obligatorias, colaborativas, opcionales, su descripción y retroalimentación.
- Presentación de las condiciones para obtener una insignia, subir en el ranking y obtener el certificado del curso.
- Evaluación de la satisfacción y motivación del participante dentro del curso.

## 2.3 Gamificación

Los elementos de gamificación en el diseño de cursos virtuales permiten transformar los métodos de enseñanza tradicional en procesos de formación más activos e

innovadores. En este sentido, la gamificación apoya el factor motivacional de los participantes de un curso y la disposición positiva para aprender y continuar haciéndolo de una forma autónoma. Despertar la motivación de los participantes es fundamental cuando se trata de cursos de autoformación [9], ya que muchas veces se necesitarán realizar tareas o actividades que no resultan atractivas; es así que la gamificación permite incentivar la motivación intrínseca despertando cierto interés, curiosidad, disfrute o satisfacción interna a una determinada actividad; y a su vez la motivación extrínseca aludiendo factores externos como insignias o valoraciones positivas que puedan llamar la atención o divertir al participante.

Cuando se utiliza gamificación en la educación se debe mirar más allá del empleo directo de videojuegos o juegos serios para fines de aprendizaje. Gamificar no consiste en reemplazar calificaciones por puntos, una de las consideraciones en el diseño radica en la forma de diseñar los materiales y actividades de aprendizaje sin perder la parte "divertida" del juego por lo que el estudiante puede permanecer motivado para aprender de estos recursos [10].

En el modelo propuesto todas las unidades deben ser gamificadas con la finalidad de mantener la motivación y la interacción del participante en cada semana, a través de: insignias, ranking, barra de progreso y retos/desafíos a través de redes sociales lo que incentiva la competencia activa entre participantes por destacarse en cada actividad. En el modelo se han analizado varios tipos de perfiles de participantes que según Bartle [11] surge en entornos gamificados, estos son:

- Los **achievers** interactúan dentro del curso para conseguir un status, colección de logros, y demostrar su competencia.
- Los **explorers** tienen una vocación interactiva y enfoque exploratorio, analizan la plataforma y los contenidos del curso, buscando y descubriendo nuevo conocimiento.
- Los **socializer** se emocionan cuando interactúan con los demás participantes del curso; así como desarrollan una red de amigos y contactos con quienes compartir, comentar y difundir.
- Finalmente, los **killers** actúan en una dinámica puramente de juego, quienes dentro del curso intentan ganar todos los retos y desafíos, les motiva ganar, competir en un ranking del curso y ser el mejor de todos.

Generalmente las actividades no obligatorias se lanzan como retos/desafíos con la finalidad de lograr discutir sobre la relevancia del tema semanal. En el caso de las actividades obligatorias se configuran insignias que obtendrán una vez que hayan cumplido las mismas en el plazo establecido. A continuación, se enlistan las características que debe tener un curso según el modelo propuesto:

- Diseño de retos con diferentes niveles de complejidad: tiempo, esfuerzo lo que permita obtener recompensas y escalar un ranking.
- Integrar actividades que permitan incentivar la participación del estudiante a través de redes sociales.
- Incluir señales visuales que midan el progreso y la experiencia del participante, puede ser una barra de finalización o progreso.

- Definir la dinámica de juego mediante reglas claras, impulsando al estudiante a regresar, continuar o ser parte del entorno.
- Establecer un elemento de incertidumbre (insignias sorpresa).
- Definir hashtag y retos semanales para el curso a través de redes sociales: Facebook y Twitter para compartir opiniones del curso o del tema semanal usando un hashtag (#MOOC+NombredelCurso).

## 2.4 Objetos Virtuales de Aprendizaje

Las plataformas virtuales de aprendizaje deben considerar los diferentes espacios en donde se desarrolla la acción formativa, con la finalidad de atender la diversidad de estilos de aprendizaje que presentan los participantes a la hora de asimilar el conocimiento dentro de su formación virtual [12]. Es por ello, que este tipo de espacios virtuales a la hora de desarrollarlos se debe contemplar el desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje (OVA), orientados a características reales de quienes los van a utilizar, considerando: rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que se expresan cuando una persona se enfrenta a una situación de aprendizaje especialmente mediada por TIC [12].

Un OVA en el modelo MOOCs UTPL es considerado como un material digital y estructurado enfocado a lograr un aprendizaje significativo, el mismo que puede ser visualizado desde la plataforma con metadatos que describirán el contenido y uso del objeto [13]. Estos recursos de aprendizaje han sido programados en HTML5 y javascript y exportados a SCORM, un formato compatible con varias plataformas web; considerando que permite la reutilización de los objetos si en algún momento se cambia o actualiza la plataforma [14]. Un OVA aceptado en nuestro modelo debe cumplir las siguientes características:

- Los contenidos dentro de un OVA deben ser breves, precisos y llamativos que faciliten la comprensión de conceptos, instrucciones y ejercicios.
- Debe estar diseñado para facilitar el monitoreo del progreso de revisión del objeto, además de tener una navegación simple.
- El diseño de actividades de evaluación lúdica en cada unidad debe incluir varios formatos multimedia y estrategias de juego.
- Reutilización de contenido digital de la web u OERs (Open Educational Resources).
- Todos los OVA deberán tener licencia institucional Creative Commons- No comercial-CompartirIgual.

## 3 Metodología

La propuesta de cursos de buena calidad requiere un proceso de planificación, diseño y desarrollo que implica el trabajo de diferentes áreas y profesiones. Su sistema de producción debe establecer metodologías específicas que atiendan, no solo a las características concretas del contexto de elaboración, sino que integren estrategias y técnicas procedentes de diferentes ámbitos: robustez tecnológica, enfoque pedagógico,

el diseño de recursos educativos, la producción audiovisual y el desarrollo multimedia e interactivo [15].

La metodología utilizada en el proyecto se basa en la “Guía metodológica para la planificación, diseño e impartición de MOOCs” propuesta por la Universidad Carlos III de Madrid [16], y se adaptó a las necesidades, principios, capital humano y enfoque didáctico que maneja la UTPL en su modalidad a distancia (Figura 4).

Para el desarrollo del proyecto fue importante contar con un equipo multidisciplinario (un conjunto de personas con experiencias profesionales y formaciones académicas diferentes que trabajan en conjunto durante un tiempo fijo para resolver un problema); es por ello, que se consideraron cuatro grupos de trabajo (Figura 3): el equipo **académico** (A), encargado del desarrollo del contenido científico (docentes generadores de contenido, pares académicos revisores), el equipo **pedagógico** (P) parte fundamental dentro del modelo, orientado al diseño metodológico del curso (diseñador instruccional, revisores de metodología y didáctica); el equipo **multimedia** (M) enfocado a todos los aspectos relacionados a diseños de contenido: visual, textual, auditivo, animado (diseñador gráfico, diseñador multimedia/programador, productor de audio y video) y el equipo **técnico** (T) enfocado en la plataforma (administrador, gestor de cursos) todos ellos bajo la guía del **líder de proyecto** (LP), encargado de coordinar todas las fases, tiempos, procesos y grupos de trabajo.

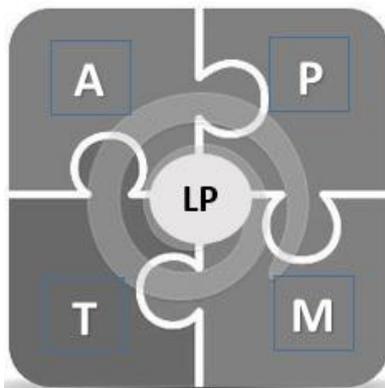
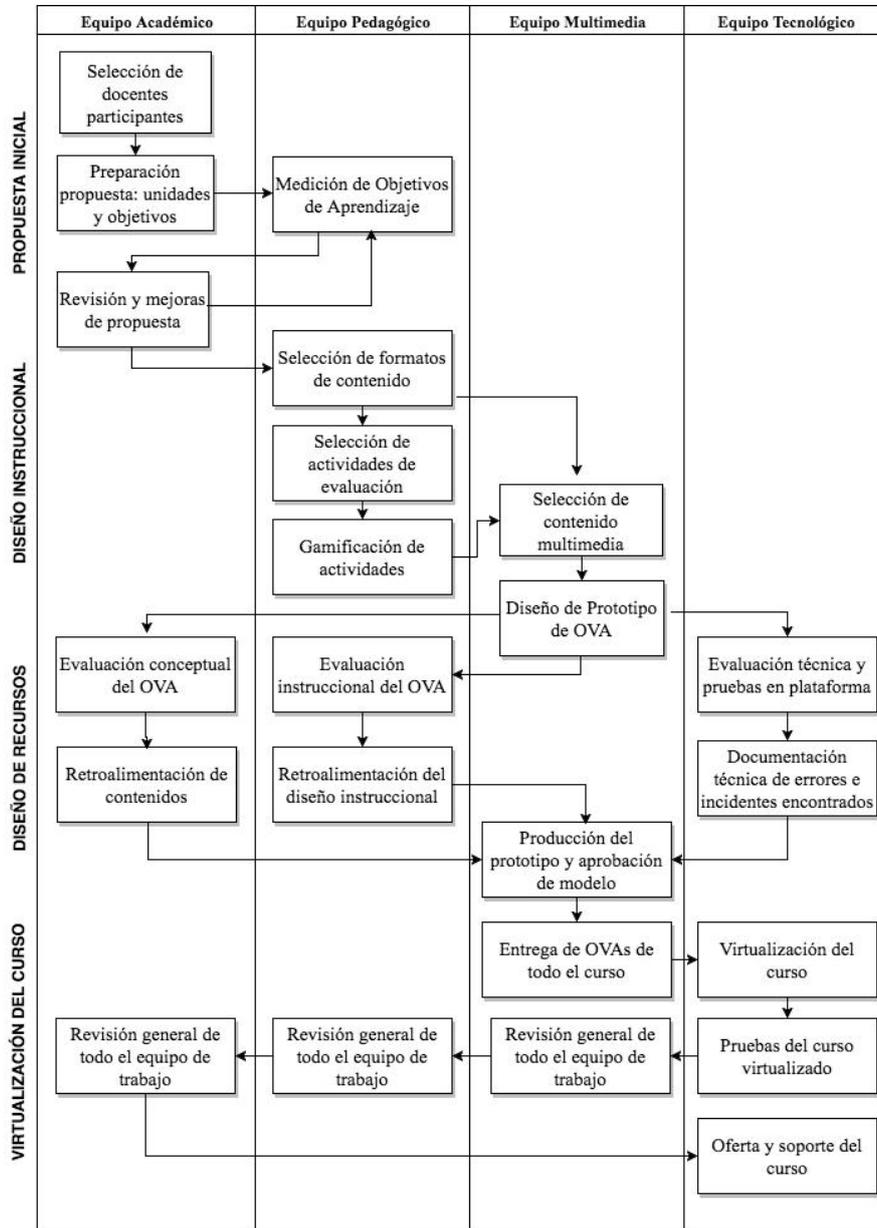


Fig. 3 Relación equipos de trabajo MOOCs



**Fig. 4** Metodología MOOCs UTPL

## 4 Resultados

Para evaluar si la metodología de construcción utilizada tiene efecto positivo o negativo sobre el diseño de los cursos, se han realizado dos tipos de evaluación cuantitativa: análisis de datos del desempeño (cumplimiento semanal) dentro del curso y la aplicación de un instrumento de evaluación (encuesta de satisfacción) a todos los participantes que finalizaron el curso. A continuación, se detallan los resultados alcanzados:

### Análisis de desempeño

Los cursos analizados pertenecen al periodo Abril-Agosto 2016, dando libertad al participante para planificar su horario de estudio. Sin embargo, se propuso un cronograma según las horas de estudio requeridas por cada unidad para orientar al participante. Para este análisis se evaluó el desempeño de los participantes por cada semana en cuanto a revisión de OVAs y evaluaciones semanales, y de manera global con la evaluación final que le permitía finalizar el curso y generar su certificado de participación.

A continuación, se presentan los resultados alcanzados por cada curso: Metodología de Estudio, Expresión Oral y Escrita, y Realidad Nacional.

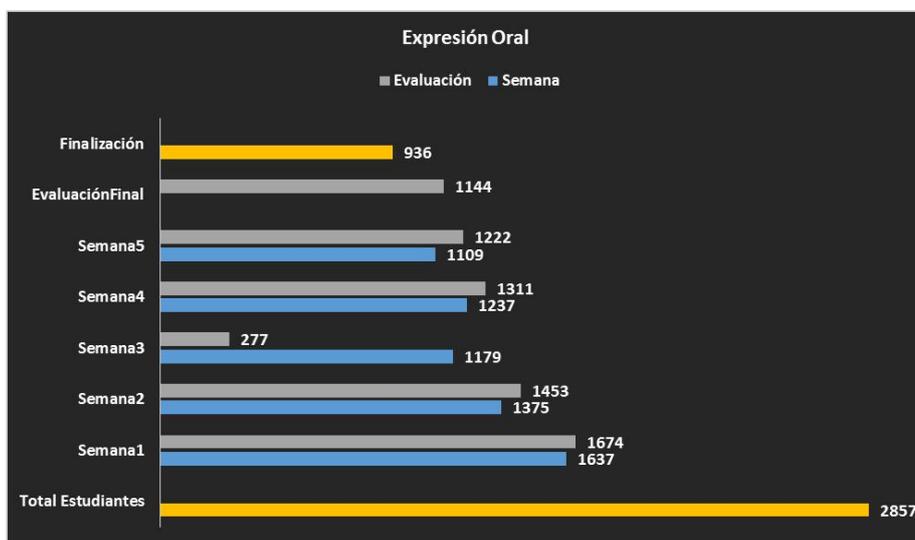
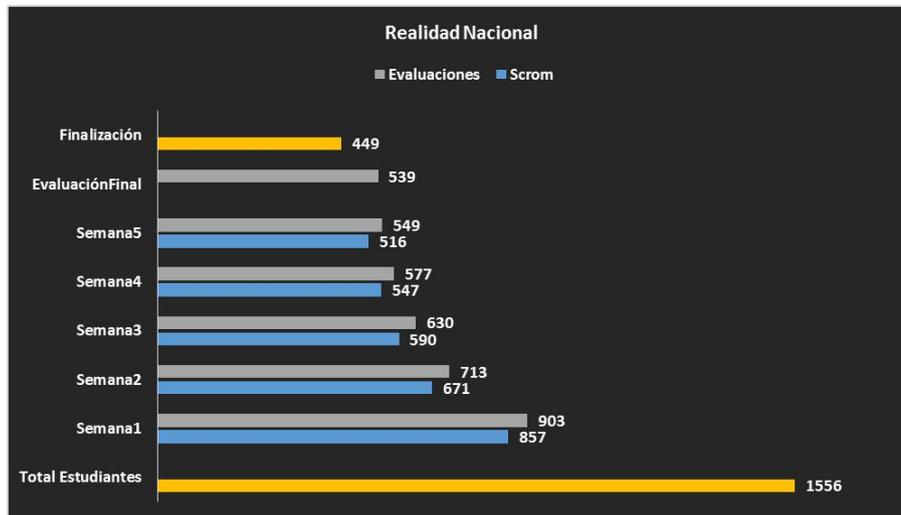
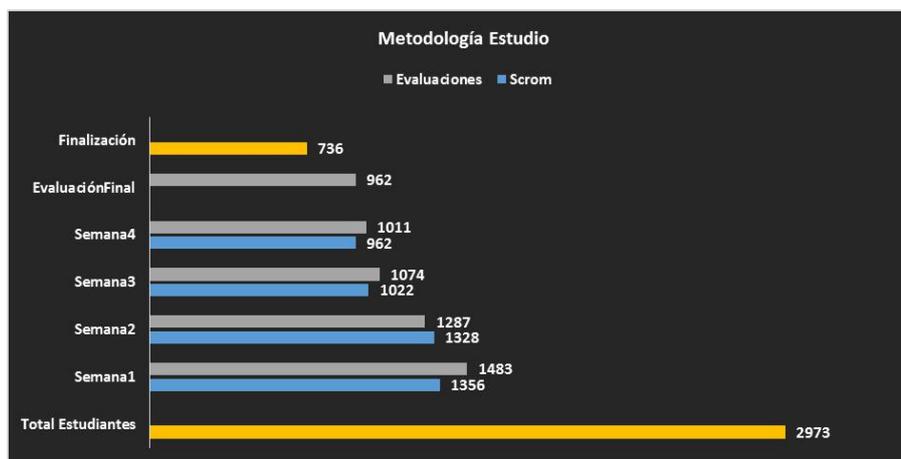


Fig. 5 Resultados finalización Expresión Oral



**Fig. 6** Resultados finalización Realidad Nacional



**Fig. 7** Resultados finalización Metodología Estudio

Se observa que el curso con el mayor porcentaje de finalización es Expresión Oral y Escrita con un 33% a diferencia del curso de Realidad Nacional con un 29% y Metodología de Estudio con un 25%.

Los 3 cursos presentan dos características generales:

1. Superan el 10% de aprobación común en los cursos MOOC [17].
2. Presentan un porcentaje mayor aquellos participantes que llegan hasta la evaluación final Expresión Oral y Escrita con un 40%, Realidad Nacional con un 34% y Metodología de Estudio con un 32%. Este resultado refleja que los estudiantes no llegan a culminar el MOOC emitiendo el certificado

por alguna de las restricciones planteadas: 70% en el promedio total del MOOC o por falta de rendir alguna evaluación semanal.

**Análisis de satisfacción y complejidad de uso de herramientas**

El instrumento de evaluación aplicado a los participantes que finalizaron los cursos, tuvo dos objetivos evaluar el nivel de satisfacción y conocer el nivel de complejidad de uso de herramientas en los cursos.

**Nivel de satisfacción**

Los participantes que finalizaron los cursos indican lo siguiente:

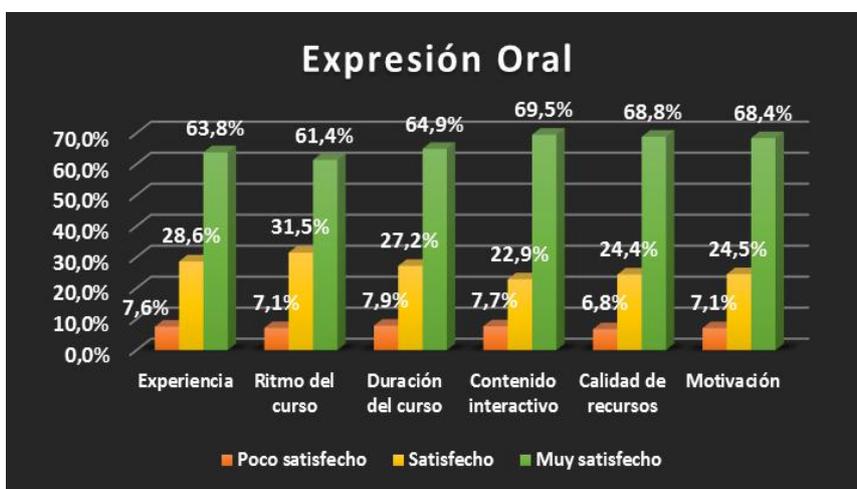


Fig. 8 Nivel de satisfacción Expresión Oral



Fig. 9 Nivel de satisfacción Realidad Nacional

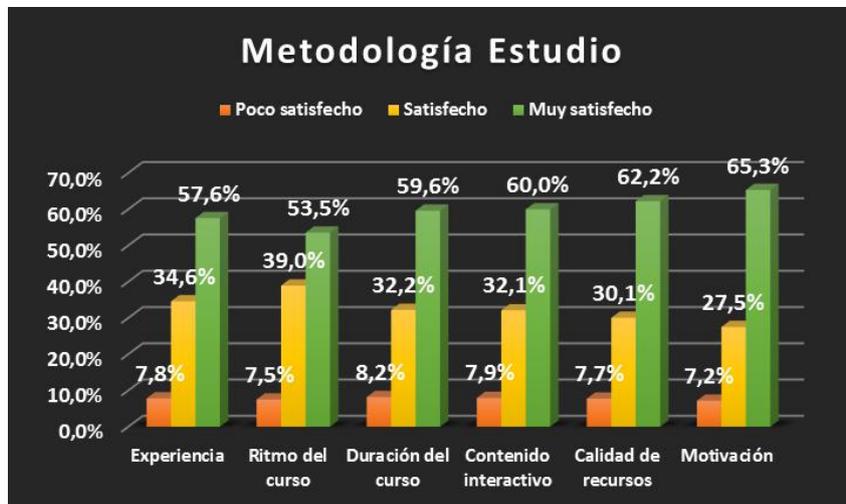


Fig. 10 Nivel de satisfacción Metodología Estudio

Los 3 cursos coinciden en un porcentaje mayor al 50%, en la categoría “Muy satisfecho” en cuanto: experiencia, ritmo, duración, contenido interactivo, calidad de recursos y motivación en el curso. Lo que significa que cumplen el objetivo de la autoformación.

#### Nivel de complejidad

Además de la evaluación de satisfacción se realizó la de complejidad en el uso de Twitter, revisión del contenido interactivo (OVAS) y al momento de contestar cuestionarios. A continuación, se detallan los resultados:

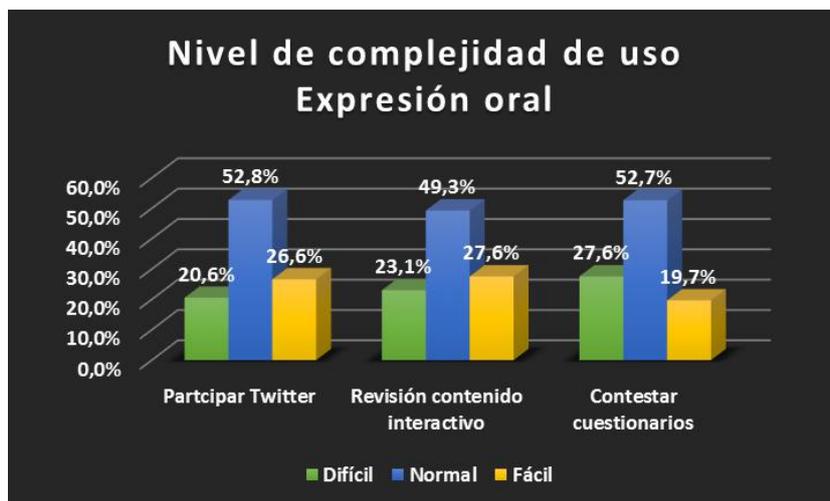


Fig. 11 Nivel de complejidad de uso Expresión Oral

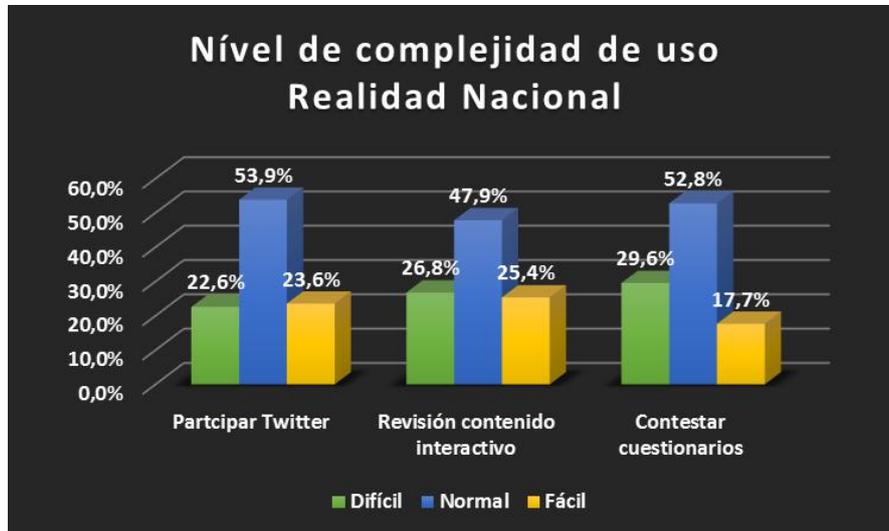


Fig. 12 Nivel de complejidad de uso Realidad Nacional

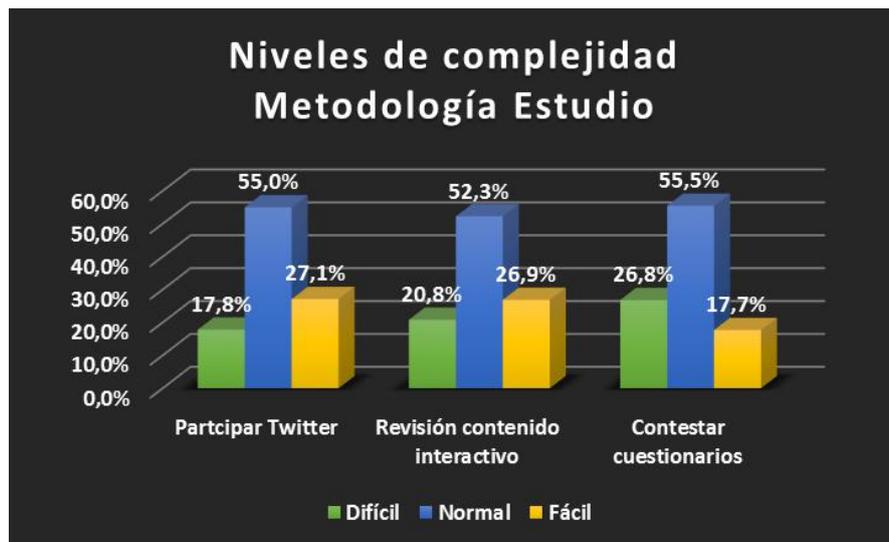


Fig. 13 Nivel de complejidad de uso Metodología de Estudio

Se puede observar que los cursos vuelven a presentar características generales:

1. Superan el 50% del uso normal de Twitter, contenido interactivo y contestación de cuestionarios.
2. El resto de porcentajes se divide entre las categorías "Difícil" y "Fácil", se realizó entre los 3 cursos una media de complejidad, los resultados fueron:
  - El 25,7% indican que la participación en Twitter es "Fácil" y el 20,3% indican que es "Difícil".

- En la revisión de contenido de los OVA el 26,6% indican que es “Fácil” y el 23,6% indican que es “Difícil”.
- Finalmente, en la actividad cuestionarios indica que un 28% de participantes consideran que fueron “Difíciles” de responder la variedad de tipos de preguntas y un 18,4% que son “Fáciles”.

## 5 Conclusiones y recomendaciones

Las plataformas MOOC deben incorporar un conjunto amplio de herramientas, de modo que cada curso pruebe una variedad de enfoques de instrucción, desde el diseño general del plan de contenidos hasta la formulación específica de actividades; mientras mayor sea la variedad de objetos y actividades de aprendizaje a proponer, mejores datos se tendrán para la investigación, el aprendizaje, la retroalimentación y la mejora continua.

La iniciativa de aprendizaje en línea exige un proceso de rediseño constante, Coursera, Miriadax y muchas otras plataformas han integrado elementos de Gamificación en sus cursos con el fin de lograr mejores tasas de retención y según varios autores [3], su aplicación está dando mejores resultados.

Los cursos utilizados para fines de investigación deben desarrollarse conjuntamente entre diseñadores, técnicos, expertos en contenido e investigadores; esta integración permite asegurar los objetivos de aprendizaje y los objetivos de investigación; de esta forma las universidades podrían concentrar sus recursos para producir mejores OVAs.

Es muy probable que sobre la marcha se vayan encontrando incidencias o unidades donde existe menor interacción. Ambos efectos permitirán mejorar el curso, encontrar hallazgos de investigación más valiosos, evaluar experiencias de aprendizaje y un mayor retorno de la inversión para las universidades.

En todo equipo de diseño de MOOCs es indispensable que los diseñadores instruccionales evalúen conjuntamente con el equipo técnico las nuevas versiones y plugins desde el punto de vista didáctico. No es necesario sobrecargar la plataforma con novedades que no aportan un valor significativo al modelo.

En cuanto a la temporización de los cursos se deben planificar no más de 5 semanas, esto debido a que los participantes persiguen objetivos a corto plazo. Caso contrario, se recomienda distribuirlo en 2 cursos diferentes. Por ejemplo, un curso introductorio y luego un curso avanzado.

Se observó que en los datos de desempeño existe un 10% más de participantes que llegaron a la evaluación final en comparación con los que finalizaron el curso y no respondieron la encuesta, es necesario dar mayor seguimiento y motivar a que ese porcentaje también evalúe el curso.

En la actividad de cuestionarios es necesario revisar la variedad de tipos de preguntas a utilizar, ya que un gran porcentaje de participantes consideraron “Difícil” responderlas por el tipo de pregunta utilizada y no por la complejidad en cuanto a contenidos.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido una colaboración entre la Escuela Superior Politécnica del Litoral y la Universidad Técnica Particular de Loja con el Proyecto MOOCs UTPL.

## Referencias

1. Pappano, L.: The Year of the MOOC. *The New York Times*, 2(12), 2012
2. Kaur, S., Mathur, A.: Dimensions of Innovations in Education. New Delhi Publishers, ISBN: 9789381274910, pp. 240. (2015)
3. Saraguro-Bravo, R. A., Jara-Roa, D., Agila-Palacios, M.: Techno-instructional application in a MOOC designed with gamification techniques. In Third International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), 2016 (pp. 176-179). IEEE. (2016)
4. Clares L., J.: “Estilos de aprendizaje en el elearning bajo el modelo safem-d, en curso de medicina”. España: Universidad de Sevilla. Trabajo Inédito. (2010)
5. Queirós, R., Oliveira, L., Leal, J. P., Moreira, F.: Integration of eportfolios in learning management systems. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 500-510). Springer Berlin Heidelberg. (2011)
6. Gil, P., Candelas, F. Pomares, J., T. Puente, S. T., Corrales, A., Jara, C., García, G. J., Torres, F.: Using Moodle for an automatic individual evaluation of student's learning. Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Supported Education, CSEDU 2010. Valencia, Spain, Vol. 2, ISBN 978-989-674-024-5, pp. 189-194, (2010)
7. Chandra, V., Lloyd, M.: The methodological nettle: ICT and student achievement. *British Journal of Educational Technology*, 39(6), 1087–1098. (2008)
8. Saraguro-Bravo, R. A., Puente-Castro, S., Quimba-Herrera, S., Costa-Campuzano, J. Desiderio-Sanchez, K.: Digital Literacy Proposal to Improve eParticipation in Marginal Urban Areas. In Fourth International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG), IEEE. (2017)
9. Naranjo, M.: Motivación: perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo. *Revista Educación: Universidad de Costa Rica*, 2009: 153-170. (2009)
10. Saraguro-Bravo, R. A., Jara-Roa, D., Agila-Palacios, M., Sarango, P.: Uso de Técnicas de Gamificación en el Diseño Tecnopedagógico de un MOOC. Libro de Actas, 83. (2015)
11. Bartle, R.: Hearts, Clubs, Diamonds, Spades: Players Who Suit MUDs. *Journal of MUD Research* 1, 1 (1996).
12. Ramírez, Y.: Los estilos de aprendizaje como factor de calidad en eLearning. *Etic@net*, Nro. 9, Granada, España. (2010)
13. Medina, J. M. C., Medina, I. I. S., Rojas, F. R.: Uso de Objetos Virtuales de Aprendizaje OVAS Como estrategia de enseñanza–aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos–prácticos. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), 4-12. (2016)

14. Bohl, O., Scheuhase, J., Sengler, R., Winand, U.: The sharable content object reference model (SCORM)-a critical review. In Proceedings on International Conference on Computers in education (pp. 950-951). IEEE. (2002)
15. Gétrudix Barrio, M., Rajas Fernández, M., & Álvarez García, S.: Metodología de producción para el desarrollo de contenidos audiovisuales y multimedia para MOOC. RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 20(1), 183-203. (2017)
16. UTEID.: Guía metodológica para la planificación, diseño e impartición de MOOCs y SPOCs”, UC3M, (2014)
17. Sánchez, E.: MOOC: análisis de resultados. En Boletín SCOPEO No. 86. (2013)



## Remote Medical Education in Latin America

Kuriko Kudo<sup>1</sup>, PhD, Shunta Tomimatsu<sup>1</sup>, MS, Tomohiko Moriyama<sup>1</sup>, MD, PhD, Miguel A. Tanimoto<sup>2</sup>, MD, Salma Leticia Jalife Villalón<sup>3</sup>, MS, Shuji Shimizu<sup>1</sup>, MD, PhD

1 Telemedicine Development Center of Asia, International Medical Department,  
Kyushu University Hospital, Fukuoka, Japan

[kuricom@tem.med.kyushu-u.ac.jp](mailto:kuricom@tem.med.kyushu-u.ac.jp)

2 National Institute of Medical Sciences and Nutrition Salvador Zubiran, Tlapan, Mexico  
[matanimoto@prodigy.net.mx](mailto:matanimoto@prodigy.net.mx)

3 Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A.C. (CUDI),  
Mexico City, Mexico  
[salmajalife@cudi.edu.mx](mailto:salmajalife@cudi.edu.mx)

**Abstract.** Medicine is one of the most important subjects for remote education over Internet. However, there are not so many telemedicine programs running as expected, one of the reasons being the high demand for technologies for transmitting medical images clearly and smoothly. Our remote education project has realized high-quality transmission with low cost, and has been accepted in many hospitals in Asia and beyond. The aim of this manuscript is to summarize our current collaborative situations for further development. We analyzed our programs with Latin America, which were carried out from 2009 to 2016. Research and education network (REN) or commercial network, installed in each institution, was used. Digital video transport system (DVTS), H.323 and Vidyo were used as teleconference systems. Questionnaires were taken randomly to evaluate image resolution, image movement, sound quality, and programs. The total number of connected institutions increased to 48 institutions in seven countries in 2016. The annual number of programs increased to 17 in 2016, and endoscopy accounted for 65% (30/46) of all programs. DVTS (50%, 2/4) and H.323 (50%, 2/4) were used in first 4 years, however the main system changed to Vidyo (74%, 31/42) in the last 4 years. Image resolution, image movement and sound quality were “very good” or “good” in more than 92% of respondents. For programs, 98% commented that they were “very good” or “good”. The numbers of participating medical institutions and of organized programs dramatically increased with satisfactory image and sound quality and attractive programs for remote medical education. These rapid expansions were attributed to the big changes and advancement in Information and Communication Technology (ICT). It is quite useful to take full advantage of ICT in remote medical education, although it is more technically demanding than other educational fields, so that this would eventually provide advanced medical care to patients.

**Keywords:** telemedicine, remote medical education, research and education network, Latin America

**Main theme:** ICT Solutions for Teaching

### 1 Introduction

Medicine is one of the most important subjects among various teaching programs over Information and Communication Technology (ICT). Both medical science and clinical medicine have been continuously advancing in many specialties, and

therefore there are tremendous amount of needs for learning new knowledge and advanced skills [1,2]. However, there are not so many programs running as expected, one of the reasons being the high demand for technologies that are required for telemedicine [3,4]. In medical education, much higher image quality than other fields of educational contents is essential, for example, to understand minute and complex anatomy such as very small blood vessels or thin membrane structures of human body or to make an accurate diagnosis from the subtle changes of gastric mucosa differentiating cancers from benign lesions by endoscopy. In addition, movies are quite often used for medical education such as for surgery, where 30 frames of high-quality still pictures must be transmitted per second without stagnation.

Emergence of research and education network (REN) and digital video transport system (DVTS) enabled us to establish the satisfactory remote education system in 2003, and the very first live demonstration of surgery was performed between Japan and Korea with the bandwidth of 30Mbps over Korea-Japan RENs [5]. In addition to the transmitted quality of live surgery, the cost benefit of DVTS, which is free software and requires only commercially available equipment like personal computers (PCs) and handy video cameras eliminating the need of costly special videoconferencing systems, which initiated the prevalence of practicality of telemedicine. The programs expanded to various subspecialties and to many other countries in Asia and beyond [6,7].

We started the collaborations with Latin America in 2009. In this report, we summarized our activities during the past 8 years, to introduce current situations and to discuss what to be done next.

## 2 Materials and Methods

In the present study we analyzed our remote education programs with Latin America, which were carried out during the period from 2009 to 2016. The programs were divided into two types, teleconference and live demonstration. Teleconference is a case conference using presentation materials such as medical videos. Live demonstration is the simultaneous delivery of medical technology; the audience can have a direct question to the moderator who is next to the operator. In a live demonstration, the personal information of the patient is not included. Moreover, the network security is enhanced by using the Advanced Encryption Standard (AES) encryption systems in accordance with the provisions of the hospital where demonstration was performed.

Regarding the requirements for remote connection, such as network, equipment and engineers, the existing ones of the participating institutions were used as much as possible. Existing network of the participating institutions were divided into two large groups: REN and commercial network. REN is a network for the purpose of academic research, in which a number of research institutions around the world have been connected. High-speed network from 40Mbps to 4Gbps is provided, and it is also possible to control routing or bandwidth [8]. Commercial network is the normal network that can be purchased in agreement with the company; it provides a speed of 1 Mbps to 1 Gbps. However, the users bandwidth of the commercial network is not

guaranteed because very large number of users access to the network. Moreover, the routing of commercial network is not controlled. It sometimes causes problems by asymmetrical routing for outgoing/incoming, and network congestion, especially in case of international connection.

DVTS, H.323 and Vidyo were used as teleconference systems, depending on the purposes and equipment status of the participating institutions [9,10]. DVTS is an Internet Protocol (IP) based on real-time audio visual communication tool developed by Keio University [11]. DVTS transmits images of 30 fps in standard definition (SD) without inter-frame compression. H.323 is the one of the standard systems sold by a number of companies, and is the most common system in the medical field [12]. H.323 needs a Global/Public IP address, and a network with a bandwidth of 1 to 8 Mbps for high definition (HD) transmission. Vidyo is a system sold by Vidyo™ (Hackensack, NJ) which works with original compression program called H.264/Scalable Video Coding (SVC). Vidyo is a software-based system which is able to be used with normal Internet, including 3G and Wifi. Vidyo allows connection from PCs, iPads and mobile, etc. There are hardware/software systems called VidyoRoom and VidyoDesktop for clients. VidyoDesktop is a software system, which acts well for normal conversation with a network of 1 Mbps to 2 Mbps; interactive transmission of camera image and microphone audio. In contrast to the fact that it works well with receiving presentation materials like surgical movies, transmission of moving images is quite limited. VidyoRoom is a hardware system, which enables transmission of high quality images, including surgical videos and live demonstration with full high definition (1080p/30fps) with 2 Mbps to 8 Mbps. We used the servers for Vidyo in Kyushu University Hospital, Japan.

In addition to the two-way communication systems, we streamed out video and audio of the programs. We used VidyoReplay system to stream out and to receive the streaming, a PC with Flash Player software connected to the Internet with 1 Mbps is required, accessing to the URL provided by the organizers.

We took structured questionnaires randomly after 2013, in order to obtain evaluations of the image and sound quality. For the participants in remote locations, we created questionnaires online or in digital data format, and asked participants by e-mail in advance. We collected answers after the programs ended. Audiences were required to evaluate image resolution, image movement, sound quality, and programs. The answers were classified into four levels: “very good,” “good,” “poor,” and “very poor.”

### 3 Results

**3.1 Expanding institutions.** Kyushu University Hospital, Japan, started teleconferences with Latin America in 2009 with University of Sao Paulo Ribeirao Preto Hospital, Brazil, in July, and with Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico, in October, followed by Red Universitaria Nacional (REUNA) Santiago Office, Chile in November, 2010. The number of connected institutions increased by only one by 2012. In 2013, our network expanded to Colombia and Costa Rica with 11 sites in total, and it rapidly increased to 48 institutions in seven countries in Latin

America in 2016. Mexico has the largest number of 14 institutions in total, followed by Brazil and Colombia with 11 institutions each (Table 1).

**Table 1.** Cumulative number of connected institutions/hospitals.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Brazil</b>	1	1	1	2	3	5	9	11
<b>Mexico</b>	1	1	1	1	3	9	12	14
<b>Chile</b>	-	1	1	1	1	2	2	5
<b>Colombia</b>	-	-	-	-	3	7	11	11
<b>Costa Rica</b>	-	-	-	-	1	1	2	4
<b>Dominican Republic</b>	-	-	-	-	-	1	1	1
<b>Bolivia</b>	-	-	-	-	-	-	1	2
<b>Total</b>	2	3	3	4	11	25	38	48

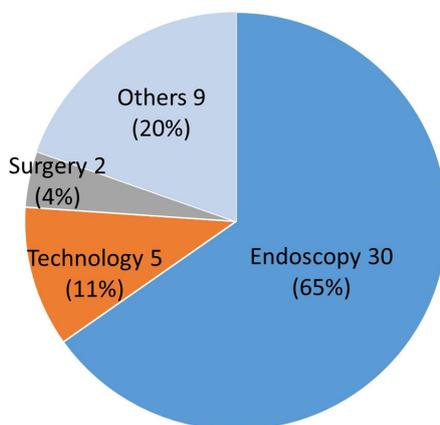
**3.2 Expanding Programs and Contents.** We have organized 46 programs in total during these 8 years. The annual number of programs was up to two until 2012, but it increased from six in 2013 to 17 in 2016. Regarding the total number of connections, there was no more than 3 connections in a year by 2012, but after 2013, it increased rapidly to reach 50 in 2016 (Table 2).

The programs were analyzed according to the content (Fig. 1). Endoscopy accounted for 65% (30/46) of all programs. Technology accounted 11% (5/46), followed by surgery (4%).

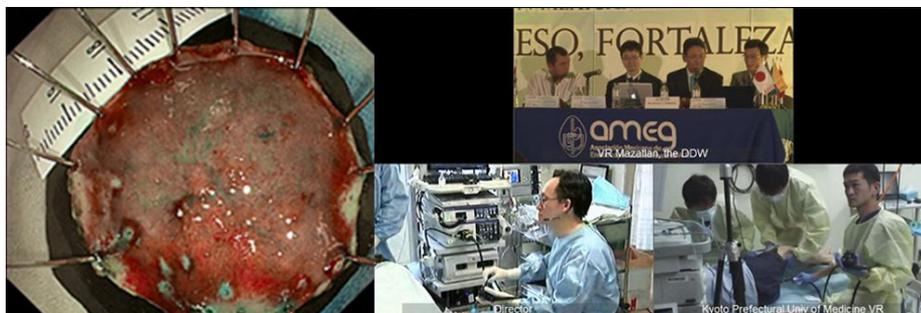
Teleconferences accounted for 93% (43/46) of all programs, and 7% (3/46) were live demonstrations (Fig. 2).

**Table 2.** Total number of connections.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
<b>Brazil</b>	2	0	-	1	3	3	10	7	26
<b>Mexico</b>	1	0	-	-	5	14	9	20	49
<b>Chile</b>	-	1	-	-	3	5	3	9	21
<b>Colombia</b>	-	-	-	-	3	10	8	6	27
<b>Costa Rica</b>	-	-	-	-	1	3	3	7	14
<b>Dominican Republic</b>	-	-	-	-	-	1	1	-	2
<b>Bolivia</b>	-	-	-	-	-	-	3	1	4
<b>Total</b>	3	1	0	1	15	36	37	50	143



**Fig. 1.** Program contents



**Fig. 2.** Scene of live demonstration of endoscopy.

Left: demonstrated endoscopic image. Right: Connected three institutions; main venue at International Conference Center in Mazatlan, Mexico (*top*), ASAN medical center, Korea (*left bottom*) and Kyoto Prefectural University of Medicine, Japan (*right bottom*)

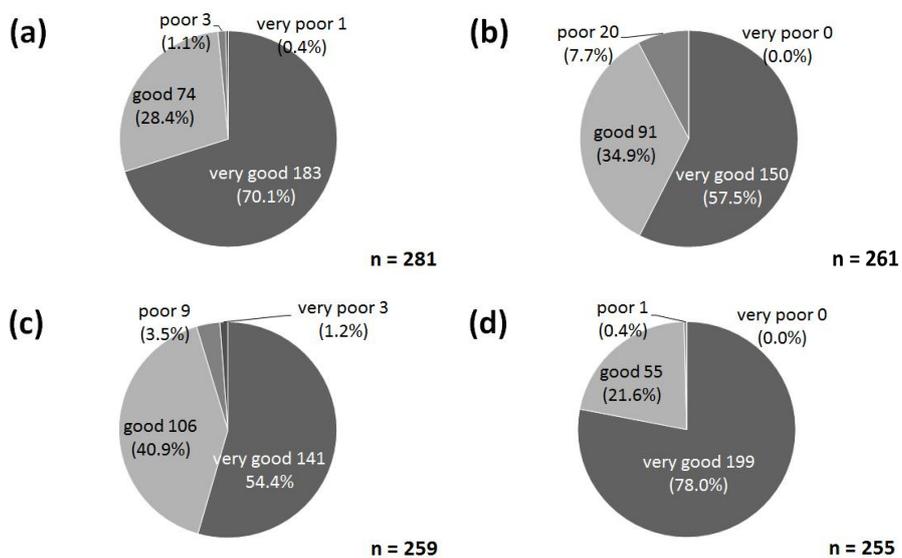
**3.3 Technological Changes.** We divided the 8 years into 2 periods, the first and the last 4 years, and compared each category as shown in Table 3. The total number of connections increased drastically by 28 times from 5 to 138, same as newly connected institutions by 11 times from 4 to 44. In the first 4 years, DVTS (50%, 2/4) and H.323 (50%, 2/4) were mainly used as teleconferencing systems. However, the majority turned to Vidyo (74%, 31/42) in the last 4 years. Regarding network, 75% (3/4) of institutions were connected to REN in the first half. However, commercial network (55%, 24/44) surpassed REN (45%, 20/44) with the newly connected institutions in the last 4 years. Regarding the participating institutions, in the first 4 years there was no difference in the university hospitals (2/4, 50%) and non-university hospitals (2/4, 50%), however in the last half, more non-university hospitals (31/44, 70%) were newly connected than university hospitals (13/44, 30%) .

One-way streaming was never carried out in the first half, but it was done in the 12 programs in the last half. The programs was streamed out to 24 institutions in 6 countries, Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica and Mexico.

**3.4 Questionnaires.** The answers for the questionnaires were collected from 281, 261, 259, 255 participants for image resolution, image movement, sound quality, and programs, respectively. Image resolution and movement and sound quality were with more than 92% commenting that they were “very good” or “good”. For programs, 98% commented that they were “very good” or “good” (Fig. 3).

**Table 3.** Comparison between the first and the latter half during 8 years.

		2009-2012	2013-2016
<b>Connected countries</b>		3	7
<b>Number of programs</b>		4	42
<b>Total number of connections</b>		5	138
<b>Systems</b>	<b>DVTS</b>	2/4 (50 %)	3/42 ( 7 %)
	<b>H.323</b>	2/4 (50 %)	5/42 (12 %)
	<b>Vidyo</b>	-	31/42 (74 %)
	<b>Others</b>	-	3/42 ( 7 %)
<b>Newly connected institutions</b>		4	44
<b>Network at newly connected institutions</b>	<b>REN</b>	3/4 (75%)	20/44 (45%)
	<b>Commercial</b>	1/4 (25%)	24/44 (55%)
<b>Types of newly connected institutions</b>	<b>Univ. hospital</b>	2/4 (50%)	13/44 (30%)
	<b>Non-univ. hospital</b>	2/4 (50%)	31/44 (70%)
<b>One-way streaming</b>		0	12



**Fig. 3.** Questionnaire results on (a) image resolution, (b) image movement, (c) sound quality, and (d) program.

## 4 Discussions

In this manuscript, we showed that remote medical education had been expanding in Latin America during 8 years. The numbers of participating medical institutions and organized programs dramatically increased with satisfactory image, sound quality and attractive programs for medical education. At the end of 2016, a total of 48 medical institutions and hospitals in 7 countries were our members and 46 programs were performed.

These rapid expansions were achieved mainly during the recent 4 years. Although there had been only 4 participating institutions in 2012, a drastic expansion happened with 44 connecting sites in 2016. In the first half when we used DVTS or H.323, the image quality was not satisfactory for the medical people. One reason is due to the network that was not always stable for DVTS to be transmitted with as big as 30Mbps through Latin American countries, and another is because H.323 used was not HD compatible but only SD at that time. The rapid advancement of our activity is largely ascribed to the big changes and advancement of both network and videoconferencing equipment. Transmitted image quality of HD-H.323 was much better than its old models and was as good as that of DVTS [13]. Emergence of Vido accelerated our activity with technical advantage of easy handling without the need of Global/Public IP and cost benefit for the clients without needs of purchasing costly hardware as far as they use our server in Japan [14]. The one-way streaming to watch these programs without joining discussion is technically much easier, and showed rapid increase in number of participants, too. Although live demonstrations need more careful preparations, three demonstrations of endoscopy were successfully performed from Japan all the way to Mexico twice and Colombia once.

One leading program in Latin American countries in this study is to make an early diagnosis of gastric cancer. The incidence of gastric cancer is quite high in Latin America, similar to East Asia like Japan and Korea. Contrary to the similarity of high incidence, the mortality is quite different between the two regions; low in the latter and still very high in the former. So this is why many doctors in Latin America is eager to learn how to diagnose it in early stage so that they can save the patients by adequate treatment without delay. Current reality in Latin America is that most of the gastric cancer patients are diagnosed at an advanced stage, which is too late for curative treatment. Gastric cancer is just an example and we expect to have many more educational needs so that many more hospitals can benefit from the programs.

The limitation of REN is that it connects many universities including medical colleges but it is not always connected to hospitals. Although there are big needs of remote medical education in hospitals especially in rural areas with few medical specialists, the access of REN is not necessarily satisfactory. This is why they must use commercial networks and its ratio has been increasing. But of course, the major medical colleges connected to REN remain the hub of other hospitals where only commercial networks are available because the stability and bandwidth of the network is much better with REN.

Although remote medical education is expanding in Latin America, there are still some problems to be considered. One is that many participating hospitals are in the capital or in major cities in each country, and we should work to invite more hospitals across the country. Also the participating countries are still seven in number and so

more expansion across the region is highly expected. The second is that the program is still limited in Latin America when compared with that in Asia where over 30 subspecialized programs are actively involved. The third is that supporting engineers in the hospitals are not well educated for telemedicine and the systematic training programs for them are essential for the activity expansion and quality control [15].

It is quite useful to take full advantage of ICT in remote medical education between Japan and Latin American countries at the opposite side of the earth, but it is strongly recommended to establish a self-independent team of telemedicine within Latin America to function in their own time frame and to manage their various internal medical problems.

## Acknowledgments

This work was supported by JSPS Core-to-Core Program, B. Asia-Africa Science Platforms, KAKENHI Grant Number 15K08556, and 16H02773.

We are grateful to Dr. Jaymel Castillo for English revision.

## References

1. Puspongoro, HD, Soebadi, A, Surya, R: Web-based versus conventional training for medical students on infant gross motor screening. *Telemed J E Health*. 21(12), pp. 992-997 (2015)
2. Winn, S, McKeown, P, Lotfipour, S, Maguire, GA, Youm, JH, Wiechmann, W, Christian FJ: Remote, synchronous, hands-on ultrasound education. *Telemed J E Health*. 21(7), pp. 593-597 (2015).
3. Shima, Y, Suwa, A, Gomi, Y, Nogawa, H, Nagata, H, Tanaka, H: Qualitative and quantitative assessment of video transmitted by DVTS (digital video transport system) in surgical telemedicine. *J Telemed Telecare*. 13(3), pp. 148-153 (2007)
4. Seble, F, Yianna, V, Zohray, T, Nadia, M, Hether, R, Hannah, W, Selam, B, Kristine, K, Abdel, KK, James, S: E-learning in medical education in resource constrained low- and middle-income countries. *Hum Resour Health*. 11(1) (2013)
5. Shimizu S, Nakashima N, Okamura K, Hahm, JS, Kim, YW, Moon, BI, Han, HS, Tanaka, M. International transmission of uncompressed endoscopic surgery images via superfast broadband internet connections. *Surg Endosc*. 20(1), pp. 167-170 (2006)
6. Shimizu, S, Kudo, K, Antoku, Y, Hu, M, Okamura, K, Nakashima, N: Ten-year experience of remote medical education in asia. *Telemed J E Health*. 20(11), pp. 1021-1026 (2014)
7. Ho, SH, Rerknimitr, R., Kudo, K., Tomimatsu, S., Mohamad, ZA, Aso, A, Seo DW, Goh KL, Shimizu, S: Telemedicine for gastrointestinal endoscopy: The endoscopic club E-conference in the asia pacific region. *Endosc Int Open*. 5(4), pp. E244-E252 (2017)
8. Pinxteren, BV, Topcuoglu, A: GEANT compendium of national research and education networks in Europe. 2014 Edition, pp. 23, Amsterdam, NL: GEANT Association (2014)
9. Minh, CD, Shimizu S, Antoku Y, Torata, N, Kudo, K, Okamura, K, Nakashima, N, Tanaka, M: Emerging technologies for telemedicine. *Korean J Radiol*. 13 (Suppl 1), pp. S21-S30 (2012)

10. Liu, WL, Zhang, K, Locatis, C, Ackerman, M: Internet-based videoconferencing coder/decoders and tools for telemedicine. *Telemed J E Health*. 17(5), pp. 358-362 (2011)
11. Ogawa, A, Kobayashi, K, Sugiura, K, Nakamura, O, Murai, J: Design and implementation of DV stream over internet. *IWS 99*, pp. 255-260 (1999)
12. Fatehi, F, Armfield, NR, Dimitrijevic, M, Gray, LC: Technical aspects of clinical videoconferencing: A large scale review of the literature. *J Telemed Telecare*. 21(3), pp. 160-166 (2015)
13. Minh, CD, Shimizu, S, Kudo, K, Antoku, Y, Torata, N, Okamura, K, Nakashima N, Tanaka, M: Comparison between digital video transport system (DVTS) and high definition H.323 system in telemedicine. In: Jordanova M, Lievens F, (eds.) *Global telemedicine and eHealth updates: Knowledge resources*. 5th ed, pp. 310-313, Luxembourg, International Society for Telemedicine & eHealth (ISfTeH) (2012)
14. Kudo, K, Shimizu, S, Chiang, T, Antoku, Y, Hu, M, Houkabe, Y, Nakashima, N: Evaluation of videoconferencing systems for remote medical education. *Creat Educ*. 5(12), pp. 1064-1070 (2014)
15. Santos, AF, Alves, HJ, Torres, RM, Melo, MCB: Telehealth distance education course in Latin America: analysis of an experience involving 15 countries. *Telemed J E Health*. 20(8), pp. 736-741 (2014)

## **Estrategia de seguimiento a las actividades de aprendizaje de los estudiantes en cursos en línea masivos y privados (MPOC) con reconocimiento académico en la Universidad del Cauca**

Daniel Jaramillo-Morillo , Mario Solarte, Gustavo Ramírez González,

Universidad del Cauca, Departamento de Telemática, Popayán, Colombia  
dajaramillo@unicauca.edu.co, msolarte@unicauca.edu.co, gramirez@unicauca.edu.co

**Resumen.** Los Cursos en Línea Abiertos y Masivos (MOOC) han sido considerados una "revolución educativa". Muchas instituciones de educación superior han comenzado a incorporarlos en sus programas de formación profesional mediante el uso de estrategias como los Cursos en Línea Privados Pequeños (SPOC) y los Cursos en Línea Privados y Masivos (MPOC). Sin embargo, las tecnologías masivas presentan algunos inconvenientes para el apoyo de las relaciones personales entre el tutor y los estudiantes que se necesitan en un escenario más tradicional. Como consecuencia, algunas actividades, especialmente aquellas relacionadas con el seguimiento y el acompañamiento al estudiante se vuelven difíciles de realizar. Mediante diversas investigaciones y como resultado de la incorporación de la estrategia MOOC en la Universidad del Cauca a través de cursos con reconocimiento académico, fue factible la creación de una herramienta de monitorización, cuyo objetivo primordial es apoyar a los docentes en el seguimiento de las actividades de aprendizaje de sus estudiantes. En el presente artículo evidenciaremos los fundamentos y motivaciones del trabajo, como también una descripción de la herramienta y su aplicación en el curso virtual de "Astronomía Cotidiana" sobre una instancia de Open edX en la Universidad del Cauca.

**Palabras Clave:** Seguimiento, actividades de aprendizaje en línea, MPOC.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Enseñanza.

### **1 Introducción**

En los últimos años nuevas modalidades de aprendizaje o educación en línea han dado mucho de qué hablar y se han vuelto muy populares, tal es el caso de los Cursos en Línea Abiertos y Masivos (MOOC, *Massive Open Online Course*) [1, 2] cursos de carácter abierto y participativo que se ofrecen de forma gratuita a grandes cantidades de estudiantes y que abarcan temas que van desde la tecnología hasta la poesía [1-4].

El alcance en cuanto a la participación puede ir desde cientos a miles de estudiantes, por lo que la cantidad de personas que pueden beneficiarse del aprendizaje es mucho mayor que en los cursos en línea tradicionales. Además, el acceso a los cursos es abierto, es decir, cualquier persona pueda unirse a un curso, acceder a los recursos sin limitaciones, al conocimiento de profesores de prestigiosas universidades como Stanford, MIT o Harvard y disfrutar de un proceso de aprendizaje único, más autónomo con actividades y relaciones en red que permiten un aprendizaje colaborativo con mayores conocimientos y experiencias [3, 5, 6].

Dentro del contexto de la educación superior los MOOC permiten a las universidades la oportunidad de ampliar su cobertura y llegar a más alumnos, se presentan como el nuevo camino para cubrir la alta demanda de educación superior que existe actualmente. Además, permiten la expansión del conocimiento, la innovación universitaria, la empleabilidad y el desarrollo sostenible de escenarios de aprendizaje, por lo que muchas universidades apuestan por incluirlos en los programas de formación profesional [7–9].

La adopción de este modelo en las universidades y su incorporación en los programas formativos representa un reto tecnológico y pedagógico, y para ello se está optando por estrategias como los Cursos en Línea Privados y Pequeños (SPOC, *Small Private Online Courses*) y los Cursos en Línea Privados y Masivos (MPOC, *Masive Private Online Courses*) [6, 10, 11], dos variantes de los MOOC que se caracterizan por ser limitados en acceso y por lo tanto también en tamaño, pero siguen teniendo un mayor número de participación que cualquier curso en línea convencional [6, 12, 13].

Sin embargo, las tecnologías masivas presentan algunos inconvenientes para el apoyo de las relaciones personales entre el tutor y los estudiantes que se necesitan en un escenario más tradicional. Una de las principales dificultades de usar SPOC y MPOC es la falta de herramientas que permiten mantener una relación adecuada entre el tutor y el estudiante, pues es complicado que los tutores tengan un trato personalizado con cada uno de los muchos participantes activos en un curso, dificultando las tareas de seguimiento [1, 13], siendo éstas necesarias en cualquier proceso de aprendizaje y aún más cuando se trata de cursos reconocidos académicamente por una institución de educación superior y/o homologables a créditos académicos.

La Universidad del Cauca en el primer periodo de 2016 comenzó la iniciativa por incorporar los MOOC dentro de los programas de pregrado y mediante la implementación de una instancia de la plataforma Open edX, lanzó dos cursos. El curso “Comprensión de textos argumentativos” en donde se contó con 105 estudiantes inscritos y el curso de “Astronomía cotidiana” que tuvo un alcance de participación de 400 estudiantes por lo cual dentro del contexto de la universidad fue considerado como un MPOC.

La incorporación de estos cursos tuvo ciertos desafíos, entre ellos, la necesidad de tener un mayor control sobre los estudiantes y brindarles un acompañamiento adecuado, pues los cursos son válidos como créditos académicos dentro de los programas de formación que ofrece la universidad. Por eso se optó por la construcción de una herramienta que facilitara al docente o profesor el seguimiento a las actividades de aprendizaje de los estudiantes en los cursos SPOC y MPOC ofrecidos sobre la instancia de Open edX.

Este artículo presenta el diseño y la ejecución de la herramienta que se propone como un apoyo para los docentes que utilicen cursos desplegados en plataformas MOOC para ser impartidos por instituciones de educación superior donde se requiera un seguimiento más personalizado de las actividades que realizan los estudiantes. La herramienta ha sido diseñada para realizar tareas de recolección de datos, interpretarlos y brindar una realimentación al docente a partir de una serie de indicadores significativos para apoyar su enseñanza con este tipo de cursos. Concretamente, se presenta el caso donde se ha utilizado la herramienta para realizar

el seguimiento al curso de Astronomía cotidiana de la Universidad del Cauca, con un reconocimiento de dos créditos académicos.

## 2 Estrategia de seguimiento para MPOC

La alternativa seleccionada para la implementación del modelo MOOC dentro del Componente FISH (Formación Integral Social y Humana) que todos los estudiantes de la Universidad del Cauca deben cursar obligatoriamente, fue la de cursos en línea, privados y masivos, conocidos como MPOC. Los MPOC fueron propuestos por el profesor de la Universidad de Beijing Gu Wenge a finales de 2014 [11], siendo definidos como un MOOC de menor alcance, dada que la aceptación se restringe al criterio de haber inscrito académicamente el curso, pero el número de admitidos es suficientemente alto en comparación con un curso tradicional lo cual también puede implicar la imposibilidad de realizar actividades de seguimiento y realimentación individualizadas.

Para la implementación del MPOC se reconvirtió a virtual el curso electivo FISH "Astronomía y sociedad" que se había ofrecido en modalidad presencial entre los años 2011 y 2013, que a su vez era una evolución del también curso electivo FISH "Fundamentos de Astronomía" ofrecido de manera presencial entre los años 2008 y 2009. La nueva asignatura, denominada "Astronomía cotidiana" se ofreció con un cupo de 400 estudiantes, 10 veces más estudiantes que un curso presencial tradicional [14].

El diseño del MPOC se orientó en la directrices del proyecto MOOC-Maker [15], teniendo además en consideración las características de un buen aprendizaje definidas en [16] definiendo actividades que fomenten reflexión, estimulen y faciliten el diálogo, posibilite la aplicación de conceptos teóricos mediante el desarrollo de prácticas, estimulen la creatividad generando preguntas y la búsqueda de respuestas del propio estudiantado.

El curso se organizó a través de tres unidades temáticas, cada una de ellas compuesta a su vez por cinco temas, para un total 15. La evaluación se realizó acorde a las directrices del reglamento estudiantil, obteniendo dos notas parciales y una final, coincidiendo con las unidades temáticas del curso, a través de un cuestionario en línea con preguntas de selección múltiple con única respuesta correcta y con varias respuestas correctas. Cada cuestionario constaba de 20 preguntas, durante 60 minutos para minimizar las posibilidades de fraude o filtración de respuestas.

Para motivar tanto la recolección de información como el uso de determinados servicios en la plataforma tecnológica que soportara el curso, actividades como el diligenciamiento de encuestas, test de estilos de aprendizaje y foros se califican usando el criterio de la participación y se les dio un porcentaje (bajo) en cada calificación que se sube al sistema de información respectivo. Dadas las dificultades con la técnica de evaluación por pares expresadas [17] no se utilizó esta forma de evaluación muy común en el modelo MOOC.

Los objetivos de cada tema semanal se desarrollaron a través de videos elaborados por el profesor del curso, las dispositivas de clase, recursos web, videos complementarios (no elaborados en el curso, pero que complementan los contenidos

propios) y al menos un foro de discusión. Dependiendo de la naturaleza de la temática en las unidades se tuvieron aplicaciones web interactivas para la realización de simulaciones y prácticas, y talleres que implicaron la construcción manual de modelos, experimentos e instrumentos a manera de trabajo independiente de los estudiantes. En los exámenes en línea semanales se preguntaron aspectos asociados a cada uno de dichos recursos didácticos. Por la naturaleza de la asignatura y la filosofía del Componente FISH, el diseño de los exámenes en línea se centró en comprobar el dominio de habilidades de conocimiento, comprensión y aplicación de conocimiento de la Taxonomía de Bloom [18].

Dadas las características el curso: asignatura con reconocimiento académico (alto nivel de alineación con el currículo) y un apoyo medio a nivel institucional (el uso de una máquina servidora no en las mejores condiciones y un talento humano escaso en número), el MPOC en cuestión queda a mitad de camino entre un MOOC como reemplazo y un MOOC como un modelo orientador según la clasificación propuesta en [19].

A pesar de contar con recursos educativos de los cursos previos, la elaboración de los videos representó en esfuerzo significativo para el profesor del curso, dado que la Universidad del Cauca no dispone de una unidad para la producción de contenidos especializada y dedicada al cuerpo profesoral. Por ello se integró un ambiente basado en servicios web [20] que facilitó el desarrollo de los contenidos en curso en un tiempo aceptable para el desarrollo de la experiencia.

A partir de este caso de estudio, la Universidad del Cauca empezó un proceso de escalamiento de la experiencia con el diseño y ofrecimiento de otros cursos del Componente FISH, en modalidad SPOC al fijar un cupo de 100 estudiantes por cada asignatura: Comprensión de Textos Argumentativos, Introducción a la edición de textos científicos y literarios con Latex e Introducción a los Drones.

### **3 Diseño y puesta en marcha del mecanismo para el seguimiento a las actividades de aprendizaje**

El diseño del mecanismo para el seguimiento de las actividades de aprendizaje de estudiantes en cursos en línea privados se realizó teniendo en cuenta la estructura y funcionamiento de la plataforma Open edX, cuya instancia en la Universidad del Cauca se nombró como Selene y se encuentra accesible a través del enlace <http://selene.unicauca.edu.co>. En la Figura 1 se presenta la arquitectura general del mecanismo construido.

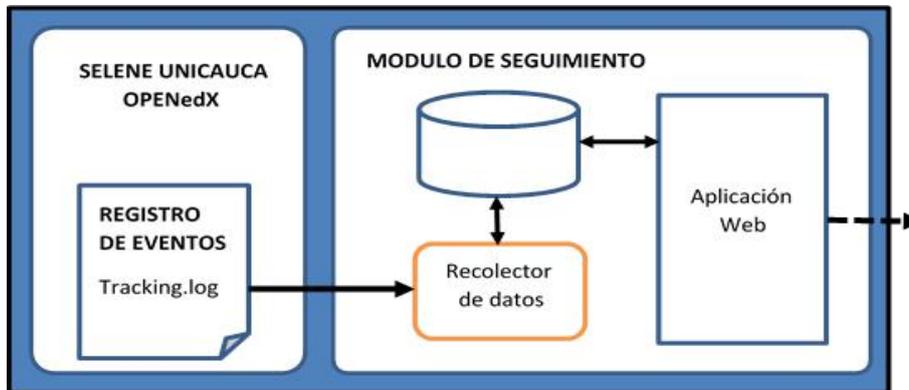


Fig. 1. Arquitectura general mecanismo para el seguimiento.

**Registro de Eventos.** El tracking.log es un archivo generado por la plataforma de aprendizaje Selene, una instancia de Open edX en donde se registran las interacciones de los todos estudiantes. Es un archivo escrito en formato json en donde se registra el usuario, el curso, la hora, la fecha y la actividad que realiza el estudiante, su ubicación dentro del equipo que contiene la instancia es la carpeta: /edx/var/log/tracking/.

**Recolector de datos.** El Recolector de datos es encargado de obtener constantemente una copia del archivo tracking.log, leer su contenido, extraer la información relevante para el seguimiento de las actividades de aprendizaje y guardarla en la base de datos.

**Aplicación web.** Por su parte, la aplicación web, permite mostrar a los usuarios en este caso a los docentes del curso los resultados de la monitorización de las actividades de aprendizaje registradas en la base de datos del mecanismo.

### 3.1 Descripción de la arquitectura

Aunque existen diferentes aproximaciones para describir arquitecturas de software, se optó por utilizar el modelo de 4+1 vistas. La Figura 2 muestra las diferentes vistas que se tienen en cuenta en este modelo.

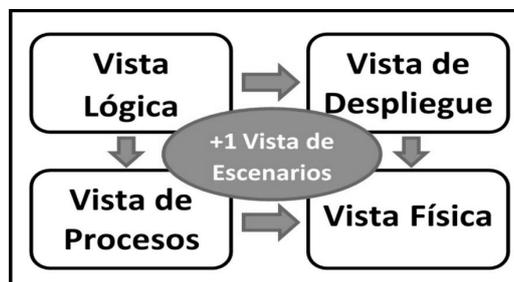


Fig. 2. Modelo de 4+1 vistas del Proceso Unificado de Desarrollo (*Rational Unified Process, RUP*).

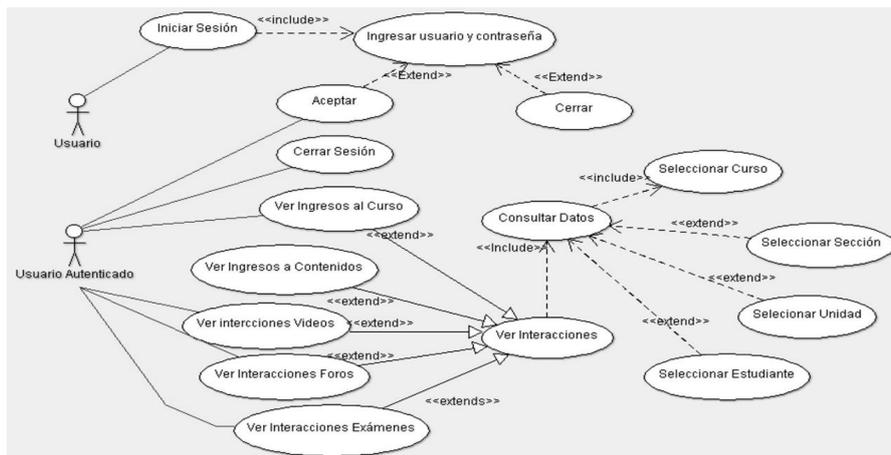
Este modelo permite representar de forma estándar la arquitectura a través de diagramas UML. El modelo “4+1” de Kruchten, es un modelo de vistas diseñado por el profesor Philippe Kruchten y encaja con el estándar “IEEE 1471-2000” (*Recommended Practice for Architecture Description of Software-Intensive Systems*) que se utiliza para describir la arquitectura de un sistema software [21].

A continuación serán descritas la **vista de escenarios**, la **vista lógica** y la **vista de despliegue**. La vista de procesos y la vista física no se presentan para acortar el documento y considerar que las vistas presentadas son suficientes para describir la herramienta construida.

### 3.1.1 Vista de escenarios

La descripción de la arquitectura en esta vista se hace mediante Diagramas de Casos de uso a partir de los cuales se relacionan las cuatro vistas restantes. La vista de Escenarios es obligatoria cuando se utiliza el modelo 4+1 vistas, ya que todos los elementos de la arquitectura se derivan de los requerimientos que ahí se presentan.

En la Figura 3 se presenta el Diagrama de Casos de Uso que orienta el diseño arquitectónico de la herramienta.



**Fig. 3.** Diagrama de casos de uso Implementación mecanismo de seguimiento.

La herramienta debe permitir a los docentes realizar consultas sobre los datos de las interacciones de los estudiantes con la plataforma de aprendizaje Selene. Los principales datos presentados se relacionan con los ingresos de los estudiantes al curso, navegación por las secciones y unidades del curso, publicaciones y votos realizadas en los foros, interacciones con los videos e interacciones con las evaluaciones. Para las consultas los usuarios registrados deben poder escoger el curso, la sesión, la unidad y el estudiante, y de esta forma realizar un seguimiento a las actividades de los estudiantes, es decir, ver cuáles son las interacciones que los estudiantes tienen con la plataforma de aprendizaje.

### 3.1.2 Vista lógica

En esta vista se representa la funcionalidad que el sistema proporcionará a los usuarios finales. Es decir, lo que el sistema debe hacer, y las funciones y servicios que ofrece. La representación se realiza mediante Diagramas de Clases. En la Figura 4 se presenta a continuación un diagrama general para el mecanismo de seguimiento, de manera que permita entender cómo funciona el mecanismo de una manera más simple.

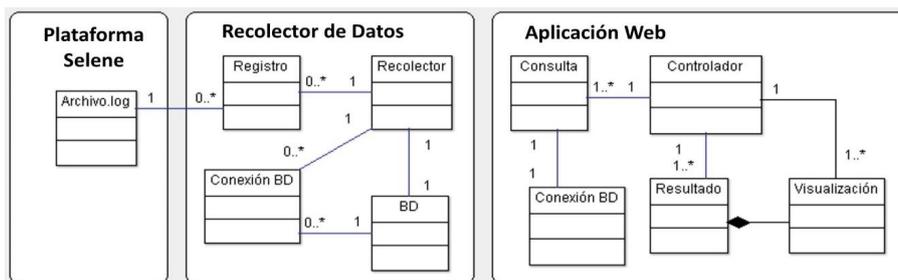


Fig. 4. Diagrama de clases para el mecanismo de seguimiento.

### 3.1.3 Vista de despliegue

En esta vista se muestra todos los componentes físicos del sistema, así como las conexiones que conforman la solución (incluyendo los servicios). En la Figura 5 se muestra el Diagrama de Despliegue del mecanismo para el seguimiento.

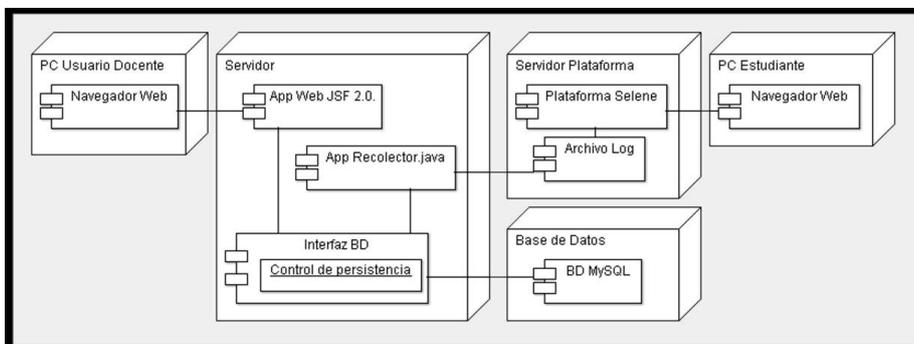


Fig. 5. Diagrama de Despliegue.

## 3.2 Puesta en marcha del Mecanismo de Monitorización

Para poner en marcha el mecanismo de seguimiento se optó por un servidor en línea en Amazon Web Services [22] que por el momento ofrece el servicio de manera gratuita dependiendo de la cantidad de recursos que se utilice. Dicha maquina tiene las siguientes características:

- CPU: 2 núcleos, 64bits.
- RAM: 1GB

- **Disco:** 30GB
- **Sistema operativo:** Ubuntu Server 12.04.

Para la puesta en marcha se hace necesario los siguientes prerequisites:

- Java 7.0
- MySQL 6
- Jboss 7

La instalación de la aplicación se hace mediante la utilización de Jboss, un servidor de aplicaciones gratuito basado en estándares de J2EE. Es una aplicación muy potente, totalmente gratuito, y se puede usar tanto para aprender sobre aplicaciones web cómo también implementar o lanzar para aplicaciones reales. Es multiplataforma, implementa todo el paquete de servicios J2EE. El puerto que se destina para la prestación del servicio es el puerto 8080.

Para ver el seguimiento de los estudiantes desde comienzos de los cursos, hubo que ejecutar un script que capturó los datos de los registros de la plataforma, de esta manera toda la información en cuanto a eventos quedó registrada en la base de datos que maneja el servidor que corre la aplicación.

A medida que el curso fue avanzando diferentes datos se pudieron obtener que apoyaron a los docentes en el proceso de seguimiento a las actividades de aprendizaje del curso. Los indicadores que se tuvieron en cuenta en esta herramienta se describen a continuación.

Estos indicadores están inspirados en los extraídos a partir de un análisis bibliográfico, y adaptados para capturar y distinguir entre los distintos tipos de actividades que realizan los estudiantes en un curso.

#### **Interacción Estudiante – Evaluación.**

- Resultados de Evaluaciones
- Número de Evaluaciones
- Intentos por estudiante
- Intentos por curso
- Bitácora de Evaluaciones

#### **Interacción Estudiante – Plataforma de aprendizaje.**

- Ingresos a un Curso por estudiante
- Total de ingresos a un Curso
- Ingresos en Secciones y Subsecciones por estudiante
- Ingresos en Secciones y Subsecciones por curso
- Bitácora de Ingresos

#### **Interacción Estudiante – Contenidos (Videos):**

- Vistos de un video
- Repeticiones de un video
- Repeticiones de un video por estudiante
- Videos vistos por estudiante
- Videos vistos por curso
- Progreso

### Interacciones Estudiante - Herramientas de comunicación:

- Foros creados por estudiante
- Foros creados por curso
- Respuestas creadas por estudiante
- Respuestas creadas por curso
- Comentarios creados por estudiante
- Comentarios creados por curso
- Votos recibidos

A continuación se muestran un ejemplo de consulta realizada en la herramienta de seguimiento. En la Figura 6 se muestra una consulta de ingresos en un curso en la herramienta Selene. Se tiene 1523 ingresos en el curso de Astronomía cotidiana para el mes de marzo, provenientes de un total de 344 estudiantes que estuvieron activos en dicho periodo.

Estudiante	Fecha	Hora
Yenny_Alexandra_Agreto	2016-03-31	00:12:38
Julian_Andres_Carvajal_Sanchez	2016-03-31	00:28:30
Julian_Andres_Carvajal_Sanchez	2016-03-31	00:33:24
Leidy_Isela_Belalcazar_Lopez	2016-03-31	00:35:00
Amyl_Marcela_Cajas_Santacruz	2016-03-31	00:37:11
Jose_Fernando_Pena_Delgado	2016-03-31	00:40:19
Larry_Humberto_Guzman_Serrano	2016-03-31	00:51:46
Julian_Andres_Hurtado_Gomez	2016-03-31	00:53:56
Nazly_Andrea_Acosta_Bustamante	2016-03-31	01:09:07
Fenner_Alexander_Mompotes_Pizo	2016-03-31	01:19:28

344 Estudiantes      1523 Ingresos

Fig. 6. Captura Herramienta Selene. Historial de ingresos en el curso piloto.

Es posible ordenar los resultados por el número de ingresos en el curso, número de ingresos en los contenidos del curso, número de videos reproducidos, participación en los foros y número de evaluaciones realizadas.

## 4 Caso práctico

El seguimiento se hizo al curso virtual “Astronomía Cotidiana”, de la Universidad del Cauca, ofrecido en modalidad MPOC como electiva del componente de Formación Integral Social y Humana en la plataforma Selene.

El curso Astronomía cotidiana tiene como propósito introducir a los estudiantes en los principios, métodos, y herramientas de la educación en línea para el estudio de conceptos básicos de la Astronomía y su relación con otras ciencias de la tierra y el espacio. El curso se organizó en tres temas principales y por cada uno de ellos los estudiantes debieron realizar una evaluación. Se tuvo como duración un periodo de 18 semanas comenzando el 15 de febrero y terminando el 10 de junio de 2016 y contó con una participación de 403 estudiantes, diez veces la cantidad de estudiantes tradicionalmente admitida en cursos regulares con reconocimiento académico.

El mecanismo permitió al docente obtener información sobre el comportamiento del curso en tiempo real. A continuación se describe los resultados obtenidos y organizados acorde a los indicadores presentados en el literal 2.2.

#### 4.1 Ingresos en el curso y sus contenidos

Una de las inquietudes del docente fue conocer los ingresos de los estudiantes los primeros días del curso, para saber si el procedimiento definido para inscripción de estudiantes a la plataforma era el correcto y si los estudiantes habían recibido las comunicaciones orientadoras al comienzo de la asignatura. Para el mes de febrero, mes en que dio inicio el curso, se registraron 1508 ingresos en el curso y el número de estudiantes fue 401. La Figura 7 muestra el historial de ingresos obtenidos para el mes de febrero. En la semana 1 (día 15 al 19) es donde se presentan mayores ingresos, debido a la expectativa del curso. Se ve que para fechas posteriores los ingresos disminuyen y se mantienen.



Fig. 7. Historial de ingresos al curso piloto mes de febrero.

#### 4.2 Actividad en videos

En cuanto a las interacciones de los estudiantes con los videos la plataforma permite ver la información de cada video y también de cada estudiante. La pestaña “Interacción en Videos” en el menú de navegación es el acceso a las dichas consultas. En la Figura 8 se observa la consulta hecha al finalizar el curso para el video “GQQg83MSuvY” (identificador del video en Youtube), además, se puede ver la sección y unidad de ubicación del video dentro del curso.

CURSO: Unicauca - CS001 - 2016-I					
Estudiante	Video:	Acción:	Fecha:	Hora:	
Laura_Maritza_Hernandez_Lasso	GQQg83MSuVY	stop_video	2016-04-07	14:12:21	Unidad
Hernan_Castillo_Kevin	GQQg83MSuVY	stop_video	2016-04-02	00:21:01	Unidad
Angellin_Katherine_Nieto_Ley	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-02	04:49:30	Unidad
Angellin_Katherine_Nieto_Ley	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-02	05:53:25	Unidad
Ludwing_Nicole_Palomino	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-01	00:57:09	Unidad
Jhon_Jairo_Cordoba_Ayala	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-01	01:08:41	Unidad
Angie_Dayana_Palechor	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-01	01:54:46	Unidad
Cristhian_Sebastian_Bolanos	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-01	02:49:25	Unidad
Diego_Alejandro_Martinez	GQQg83MSuVY	play_video	2016-04-01	02:51:33	Unidad
Diego_Alejandro_Martinez	GQQg83MSuVY	stop_video	2016-04-01	02:59:45	Unidad

Estudiante	Interacciones	Vistos	# Plays	Estudiantes	# Stops	Terminados
109	168	1	113	109	55	51

**Fig. 8.** Consulta interacciones de los estudiantes con los videos del curso piloto.

Se puede ver que el video obtuvo 168 interacciones, lo que corresponde a que fue reproducido desde cero 113 veces (“Vistos”) y en 55 ocasiones lo miraron completamente (“Stops”). Las interacciones fueron realizadas por 109 estudiantes de los cuales 51 reprodujeron el video hasta el final.

Además, es posible la consulta de las interacciones de los videos por cada estudiante. En la Figura 9 se muestra un ejemplo de la consulta con un estudiante específico. Se registraron 226 interacciones que corresponden a 127 reproducciones de las cuales 99 veces llego hasta el final del video. Miró 106 videos diferentes, de los cuales 90 fueron observados en su totalidad. También la herramienta entrega la lista de los diferentes videos vistos por el estudiante. La consulta fue realizada al finalizar el curso.

CURSO: Unicauca + CS001 - 2016-I					
Estudiante	Video:	Acción:	Fecha:	Hora:	
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	9vk6Kn2VXhQ	play_video	2016-03-13	01:23:30	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	9vk6Kn2VXhQ	play_video	2016-03-13	01:23:38	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	9vk6Kn2VXhQ	stop_video	2016-03-13	01:26:06	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	iFe8JULpkA	play_video	2016-03-13	01:26:07	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	LoSOZ9r_UvU	play_video	2016-03-13	01:33:58	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	xluMlOYWm4E	play_video	2016-03-13	01:34:03	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	LoSOZ9r_UvU	play_video	2016-03-13	01:53:34	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	LoSOZ9r_UvU	stop_video	2016-03-13	02:04:34	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	Z2yCHMBFNVM	play_video	2016-03-13	02:35:51	Unidad
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	xluMlOYWm4E	stop_video	2016-03-13	02:37:06	Unidad

Estudiante	Interacciones	Vistos	# Plays	Estudiantes	# Stops	Terminados
Adrian_Felipe_Vargas_Arias	226	106	127	1	99	90

**Fig. 9.** Consulta de las interacciones de un estudiante específico con videos.

### 4.3 Actividad en Foros

En cuanto a los foros se puede obtener el total de las participaciones de los estudiantes, dichas participaciones corresponden a creaciones de temas nuevos (“hilos”), respuestas en dichos temas y comentarios de las mismas del curso en general, además, de la misma forma que para los otros indicadores, es posible hacer consultas por cada estudiante. En la Figura 10 se muestra los datos de las participaciones del curso piloto en donde se contó con la participación de 330 estudiantes. Consulta realizada al final del curso.

CURSO: Unicauca - CS001 + 2016-I				
<span>&lt;&lt;</span> <span>&lt;</span> <b>1</b> <span>2</span> <span>3</span> <span>4</span> <span>5</span> <span>6</span> <span>7</span> <span>8</span> <span>9</span> <span>10</span> <span>&gt;</span> <span>&gt;&gt;</span>				
Estudiante	Foro:	Fecha:	Hora:	
John_Edinson_Benavides_Clavijo	edx.forum.thread.created	2016-06-16	00:22:59	Aplicaciones práctic
John_Edinson_Benavides_Clavijo	edx.forum.thread.created	2016-06-16	00:28:44	Recurso de astron
John_Edinson_Benavides_Clavijo	edx.forum.thread.created	2016-06-16	01:21:57	Relación de progr
Jimmy_Jesid_Castro_Burbano	edx.forum.thread.created	2016-06-16	03:06:39	CALENTAMIENTO
Nazly_Andrea_Acosta_Bustamante	edx.forum.thread.created	2016-06-16	05:00:03	, \u00bfqu\u00e99
Diego_Alejandro_Martinez	edx.forum.thread.created	2016-06-16	05:11:15	Calentamiento gic
Nazly_Andrea_Acosta_Bustamante	edx.forum.thread.created	2016-06-16	05:17:43	ARTE EN LA ASTR
Nazly_Andrea_Acosta_Bustamante	edx.forum.thread.created	2016-06-16	05:51:48	astronomia en ing
Daniel_Andres_Munoz_Salazar	edx.forum.thread.created	2016-06-16	15:34:31	peque\u00f1a ser
Lineth_Vanessa_Yanten_Zuniga	edx.forum.thread.created	2016-06-16	15:57:02	TURISMO ASTRON
<span>&lt;&lt;</span> <span>&lt;</span> <b>1</b> <span>2</span> <span>3</span> <span>4</span> <span>5</span> <span>6</span> <span>7</span> <span>8</span> <span>9</span> <span>10</span> <span>&gt;</span> <span>&gt;&gt;</span>				
Estudiantes	Hilos	Respuestas	Comentarios	Participaciones
330	1340	1005	65	2410

**Fig. 10.** Consulta de las interacciones en el foro del curso piloto.

### 4.4 Interacciones con Evaluaciones

Conocer el número de estudiantes que realizaron un determinado examen es de vital importancia en cualquier curso, más aún si el curso es en modalidad no presencial. El prototipo obtiene la información de todas las interacciones de los estudiantes con las evaluaciones programadas en la plataforma de aprendizaje, de esta forma es posible conocer además del número de estudiantes que participaron, conocer la hora y la fecha de la interacción, y el número de repeticiones realizadas.

La característica de la cantidad de repeticiones se agregó a la herramienta debido a que Open edX permite configurar en los exámenes el número de intentos, es decir, el número de veces que un estudiante puede repetir un examen o ejercicio.

En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos para el examen final del curso piloto. Se puede apreciar como de 403 estudiantes inscritos, 358 presentaron el examen final del curso, también se muestran el número de participaciones y cuantas veces fue repetido el examen.

CURSO: Unicauca - CS001 - 2016-I				
<span>&lt;&lt;</span> <span>&lt;</span> <b>1</b> <span>2</span> <span>3</span> <span>4</span> <span>5</span> <span>6</span> <span>7</span> <span>8</span> <span>9</span> <span>10</span> <span>&gt;</span> <span>&gt;&gt;</span>				
Estudiante	Fecha:	Hora:		
Miguel_Eduardo_Mosquera	2016-06-16	18:05:06		
Jose_Ignacio_Romero_Urbano	2016-06-16	18:14:29		
Pablo_Albeyro_Gaviria_Bastidas	2016-06-16	18:16:13		
Eduardo_Jose_Ordonez_Hurtado	2016-06-16	18:16:40		
James_Gabriel_Zambrano_Mendez	2016-06-16	18:16:47		
Bayron_Leonardo_Usama_Noguera	2016-06-16	18:18:18		
David_Eduardo_Urrea_Galvis	2016-06-16	18:19:03		
Wesnert_Alegría_Riascos	2016-06-16	18:19:17		
Marlio_Alejandro_Chicue	2016-06-16	18:20:28		
Jenny_Carolina_Joja_Cifuentes	2016-06-16	18:21:11		
<span>&lt;&lt;</span> <span>&lt;</span> <b>1</b> <span>2</span> <span>3</span> <span>4</span> <span>5</span> <span>6</span> <span>7</span> <span>8</span> <span>9</span> <span>10</span> <span>&gt;</span> <span>&gt;&gt;</span>				
Estudiante	Intentos	Repeticiones	Unidades realizadas	Estudiantes
	400	42	1	358

Fig. 71. Consulta de las interacciones en el examen final del curso piloto.

#### 4.5 Informes automáticos

Otra funcionalidad que se le incorporó a la herramienta fue la creación y envío de reportes en formato csv de manera automática. La herramienta recupera la información del curso directamente desde la base de datos y la exporta en seis archivos:

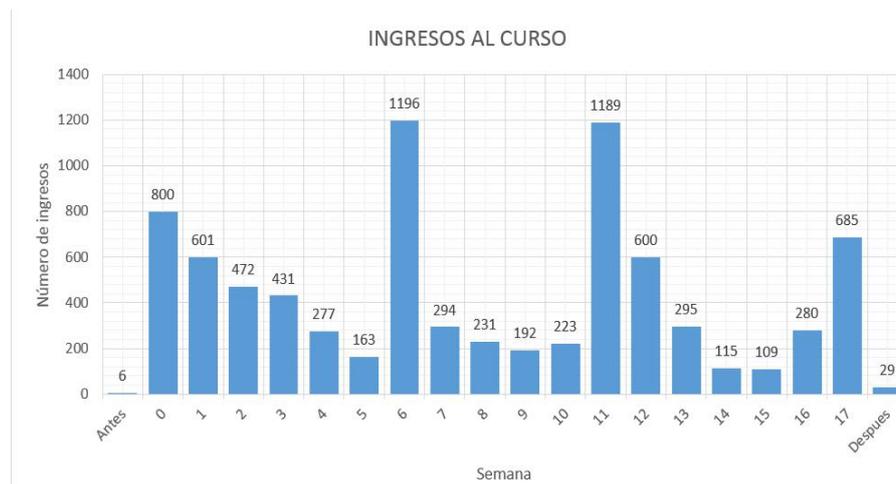
- Ingresos\_Curso.csv
- Ingresos\_Contenidos.csv
- Interacciones\_Videos.csv
- Interacciones\_Foros.csv
- Interacciones\_Exámenes.csv
- Indicadores\_compuestos.csv

La creación y envío de los archivos se hace mediante un script que se ejecuta periódicamente como una tarea “cron”<sup>78</sup> cada semana. En principio esta funcionalidad es estática y no es modificable, pero se espera para trabajos posteriores agregar a la aplicación web una interfaz que permita controlar su configuración. Las Figuras 13 a 19 fueron generadas a partir del último reporte entregado por la herramienta.

En la Figura 12 se observa el comportamiento de los estudiantes en cuanto a ingresos durante todo el curso. Se observa como los ingresos tienen datos altos en la semana de inicio en donde se atribuye el hecho a la expectativa de los estudiantes por el curso y que va disminuyendo con el tiempo. Por otra parte para las semanas 6, 11, 12, 16 y 17 el incremento de ingresos corresponde a las semanas en donde se

<sup>78</sup> Cron es el nombre del programa que permite a usuarios Linux/Unix ejecutar automáticamente comandos o scripts (grupos de comandos) a una hora o fecha específica [23].

programó actividades evaluativas, este hecho es validado por los resultados que se muestran más adelante en las Figuras 17 y 18.



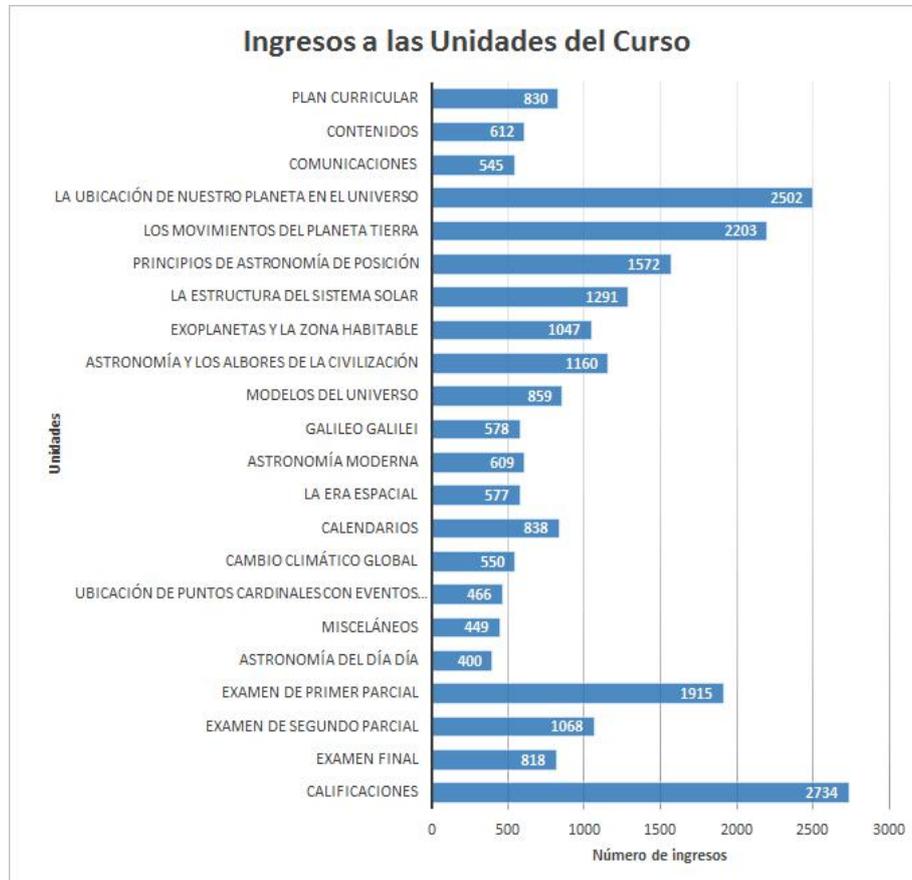
**Fig. 12.** Ingresos por semana al Curso Virtual de Astronomía Cotidiana 2016-I.

Por otra parte, en la Figura 13 se muestran los ingresos hechos en los contenidos del curso. Al igual que para la anterior gráfica, los resultados se incrementan justo en las semanas en donde se programó actividades evaluativas. Sin embargo, se ve como las interacciones de los estudiantes en las primeras semanas es considerable y constante, por lo menos hasta cubrir los temas que abarcaron el primer examen realizado.



**Fig. 13.** Ingresos por semana a los contenidos del Curso Virtual Astronomía Cotidiana 2016-I.

Otra forma de mostrar los datos se presenta en la Figura 14, en donde se grafica la cantidad de ingresos por cada una de la unidades y también tiene una relación directa con las evaluaciones del curso, pues la unidad más visitada es la de Calificaciones.



**Fig. 8.** Cantidad de ingresos a cada una de las unidades del curso.

En la Figura 15 se muestra la cantidad de reproducciones de los videos de cada unidad que forma parte del contenido. En la gráfica se muestra una gran cantidad de reproducciones y se aprecia como los resultados obtenidos de los videos vistos no contrastan demasiado con los resultados de los videos vistos completamente. Sin embargo, se muestra como los estudiantes van perdiendo el interés con el tiempo, pues las unidades se encuentran ordenadas según los tiempos de presentación en el curso.



Fig. 15. Cantidad de reproducciones de los vídeos por cada unidad del curso.

En la Figura 16 se muestra las participaciones de los estudiantes en los foros graficada por cada semana de ejecución del curso. Al igual que para los resultados obtenidos con los vídeos, se ve una mayor participación en las semana de inicio del curso, teniendo una baja participación en las semanas finales.



Fig. 16. Participación en los foros por semana.

Otro de los resultados obtenidos de los reportes entregados por la herramienta es la participación en las evaluaciones. La Figura 17 muestra la cantidad de estudiantes que presentaron las diferentes actividades evaluativas. En las semanas tres a la cinco marcadas en azul se dejaron activos exámenes de autoevaluaciones de prueba, realizados con el fin de familiarizarse con el tipo de ejercicios y evaluación que ofrece Open edX. Por otra parte, en las semanas 8 y 12 se realizaron exámenes supletorio para los estudiantes que no pudieron realizarlos en las fechas estipulas. El examen final se podía presentar en la semana 16 o en la 17, la mayoría prefirió realizar el examen en el último plazo.



Fig. 17. Participación en las evaluaciones por semana.

En la Figura 18 se muestra una gráfica comparativa de las interacciones de los estudiantes. Es claro que el comportamiento de los estudiantes se acomoda a las fechas de las evaluaciones.

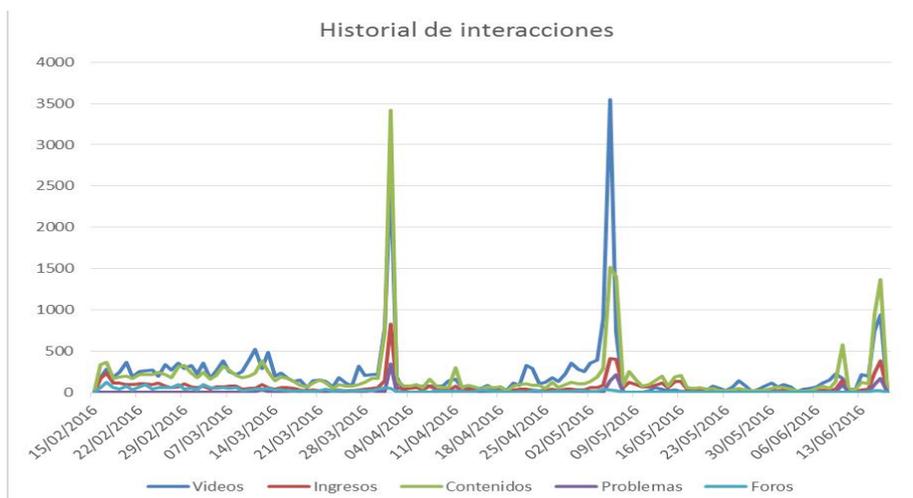


Fig. 18. Gráfica comparativa de los resultados finales del curso piloto.

Hubo casos en que se utilizó la herramienta para evitar problemas con algunas tácticas de los estudiantes para lograr presentar los exámenes por fuera de las fechas y horas estipulas, pues haber realizado alguna actividad (sobre todo evaluativas) y culpar a la plataforma tecnológica por no haber almacenado resultados, cuando en realidad los estudiantes ni siquiera habían ingresado en el curso. Por otra parte, el cursó conto con una nota de participación en los foros, en esta tarea la herramienta ayudó ostensiblemente, pues permitió identificar cual fue la participación de los estudiantes en los foros.

## **5 Conclusiones**

En los últimos años, se ha presentado un gran interés por incorporar los cursos MOOC a las instituciones de educación superior y permitir que este tipo de cursos cuenten como créditos y sean parte de los programas profesionales ofertados. Sin embargo, las actuales plataformas para el ofrecimiento de los cursos, aún no ofrecen el apoyo suficiente a los docentes para ser utilizadas en un ambiente más tradicional, como es el caso de los SPOC, en donde se hace necesario que se cuente con adecuados procesos de evaluación, seguimiento y realimentación.

Las tecnologías MOOC existentes, aún no cuentan con las herramientas adecuadas para realizar este tipo de tareas, a pesar de ser importantes en cualquier proceso de aprendizaje, en especial el seguimiento, pues es parte fundamental del proceso educativo, ya que es la herramienta que permite verificar que se cumplan con los objetivos propuestos mediante la monitorización del proceso de aprendizaje por medio del cual un estudiante va adquiriendo conocimientos y habilidades.

La herramienta permitió realizar el seguimiento de las actividades de aprendizaje de los estudiantes del curso virtual de Astronomía cotidiana y brindo al docente un mayor control sobre su curso facilitando información para que se pudiera tener una mejor relación con los estudiantes, en mayor medida con aquellos que llevaban un bajo rendimiento.

Se propone como trabajo futuro, el estudio de herramientas que brinden retroalimentación automática al estudiante, basadas en un adecuado seguimiento de las actividades de aprendizaje de estudiantes en cursos MOOC.

Por otra parte se proponer utilizar el seguimiento a las actividades de los estudiantes para identificar sus preferencias de aprendizaje, estilos de aprendizaje o patrones de comportamiento y con base en ellos diseñar mecanismos para la adaptabilidad y personalización de los curso enfocados en el estudiantes.

## **Agradecimientos**

La elaboración y presentación de este trabajo ha sido cofinanciada por el programa Erasmus+ de la Unión Europea MOOC-Maker (561533-EPP-1-2015-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP).

## Referencias

1. Chen, X., Barnett, D.R., Stephens, C.: The Advantages and Challenges of Massive Open Online Courses (MOOCs). Research-to Practice Conference in Adult and Higher Education. (2014).
2. Kennedy, J.: Characteristics of Massive Open Online Courses (MOOCs): A Research Review, 2009-2012. *J. Interact. Online Learn.* 13, 1–16 (2014).
3. Liyanagunawardena, T., Williams, S., Adams, A.: The impact and reach of MOOCs: a developing countries' perspective. *E-Learning Pap.* (2013).
4. Gea, M., Gea, M., Rojas, B., Rojas, B.: Comunidades Activas de Aprendizaje: hacia la Formación Abierta en las Universidades. *Rev. Iberoam. Technol. Aprendizaje.* 2, 3–11 (2014).
5. Tovar, E., Dimovska, A., Piedra, N., Chicaiza, J.: OCW-S: Enablers for building sustainable open education evolving OCW and MOOC. In: 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). pp. 1262–1271 (2013).
6. Kloos, C.D., Muñoz-Merino, P.J., Muñoz-Organero, M., Alario-Hoyos, C., Pérez-Sanagustín, M., G, H.A.P., Ruipérez, J.A., Sanz, J.L.: Experiences of running MOOCs and SPOCs at UC3M. In: 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). pp. 884–891 (2014).
7. McAuley, A., Stewart, B., Siemens, G., Cormier, D.: The MOOC model for digital practice. (2010).
8. Méndez García, C.M., Méndez García, C.M.: Diseño e implementación de cursos abiertos masivos en línea (MOOC): expectativas y consideraciones prácticas. *RED Rev. Educ. Distancia.* 36, 1–19 (2013).
9. Cano, E.V., Meneses, E.L.: Los MOOC y la educación superior: la expansión del conocimiento. *Profr. Rev. Currículum Form. Profr.* (2014).
10. Fox, A.: From MOOCs to SPOCs. *Commun ACM.* 56, 38–40 (2013).
11. Guo, W.: From SPOC to MPOC – The Effective Practice of Peking University Online Teacher Training. In: 2014 International Conference of Educational Innovation through Technology. pp. 258–264 (2014).
12. Almenara, J.C., Cejudo, M. del C.L., Martínez, A.I.: MOOC's typologies: Design and educational implications. *Profesorado.* Vol. 18, 13–26 (2014).
13. Claros, I., Garmendía, A., Echeverría, L., Cobos, R.: Towards a collaborative pedagogical model in MOOCs. In: 2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). pp. 905–911 (2014).
14. Solarte, M., Ramírez, G., G, R., Mar, P.-S.: ¿Es equitativo el diseño tradicional de los MOOC respecto a las preferencias de aprendizaje de los estudiantes en cursos con reconocimiento académico? Un caso de estudio en la Universidad del Cauca. *Eur. MOOCs Stakehold. Summit EMOOCS 2017 Conf.* (2017).
15. Proyecto Erasmus+ MOOC-Maker Construction of Management Capacities of MOOCs in Higher Education, <http://mooc-maker.org>.
16. Conole, G.: A new classification schema for MOOCs. *Int. J. Innov. Qual. Learn.* 2, 65–77 (2014).
17. Sánchez-Vera, M. del M., Prendes-Espinosa, M.P.: Más allá de las pruebas objetivas y la evaluación por pares: alternativas de evaluación en los MOOC. *RUSC Univ. Knowl. Soc. J.* (2015).

- 18.Castleberry, D., Brandt, S.R.: The Effect of Question Ordering Using Bloom's Taxonomy in an e-Learning Environment. In: International Conference on Computer Science Education Innovation & Technology (CSEIT). p. 22 (2016).
- 19.Mar, P.-S., Hilliger, I., Alario-Hoyos, C., Kloos, C.D., Rayyan, S.: Describing MOOC-based Hybrid initiatives: The H-MOOC Framework. In: European MOOCs Stakeholders Summit EMOOCs. EMOOCS 2016 Conference (2016).
- 20.W Díaz, Mario Solarte, C Delgado, Gustavo ramírez: Caracterización de videos para cursos en línea, abiertos y masivos. Presented at the TICAL 2016. Conferencia realizada por RedCLARA , Buenos Aires, Argentina (2016).
- 21.Hamilton, K., Miles, R.: Learning UML 2.0. O'Reilly Media, Inc. (2006).
- 22.Servicios gratuitos de la nube – Capa gratuita de AWS.
- 23.Manual básico de como usar Cron,  
[http://www.linuxtotal.com.mx/?cont=info\\_admon\\_006](http://www.linuxtotal.com.mx/?cont=info_admon_006).

## ARprende: Una plataforma para realidad aumentada en Educación Superior

Jesús Rafael Ramírez Otero,<sup>a</sup>, Sarakarina Solano Galindo,<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Grupo de Investigación enl@ce, Facultad de Arquitectura, Universidad del Atlántico, Km7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla, Atlántico, Colombia.

[jesus080485@gmail.com](mailto:jesus080485@gmail.com)

<sup>b</sup> Grupo de Investigación enl@ce, Facultad de Química y Farmacia, Universidad del Atlántico, Km 7 antigua vía a Puerto Colombia, Barranquilla, Atlántico, Colombia.,

[sarakarinag@gmail.com](mailto:sarakarinag@gmail.com)

**Resumen.** Este artículo describe un proyecto piloto desarrollado por el semillero de Investigación Trinity, perteneciente al Grupo de Investigación Enl@ce, que tiene como propósito institucionalizar una aplicación móvil para visualizar archivos de autor con realidad aumentada e introducir su uso como estrategia pedagógica en los diferentes cursos de la Universidad del Atlántico. El presente texto comprende tanto el estado del arte como las acciones concretas en términos de resultados del proyecto, del cual se lanzó la plataforma ARprende en octubre de 2016. Así mismo describe el desarrollo de dos pruebas piloto: Retocapturer y Vocabulary Go!, así como se lograron analizar distintos tipos de plataformas relacionada con el manejo de contenido para el uso de la Realidad Aumentada, lo anterior sirvió para la construcción de la aplicación móvil y experiencia desde la perspectiva de academia, mediante la generación de contenido.

**Palabras Clave:** Realidad Aumentada, ARprende, Innovación educacional, tecnología, educación, Vuforia.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la enseñanza.

### 1 Introducción

En el mundo siempre han existidos tecnologías que surgen de forma experimental, en entornos de exclusivos para especialistas investigadores, pero con el pasar del tiempo se vuelven más accesibles, tanto para productores de contenidos y desarrolladores como para los consumidores. Un ejemplo de estas tecnologías es la Realidad Aumentada (RA), la cual en la actualidad es tendencia, por el interés que ha generado desde diferentes campos del conocimiento. La Realidad Aumentada es una variación de los ambientes virtuales o realidad virtual.

La RA es muchas cosas, entre ellas: una tecnología, un campo de investigación, una visión del futuro en la computación, una industria comercial emergente y un nuevo soporte para la expresión creativa. La RA, brinda la habilidad de transferir información útil al espectro visual, en tiempo real y en cualquier lugar; es la combinación de varias tecnologías que trabajan en conjunto para trasladar la información digital a la percepción visual [1].

La Realidad Aumentada inició como un proyecto para mejorar la calidad de vida de las personas y fue tomando fuerza permitiéndole abrir nuevos caminos y así llegar a varios sectores para su implementación tales como la educación, publicidad, turismo, entretenimiento, videojuegos y su uso en la vida cotidiana. AR por sus siglas en inglés (Augmented Reality) es una tecnología nueva que mezcla objetos virtuales

creados por computador y el mundo real. Recientemente, la educación los investigadores y desarrolladores están uniendo sus esfuerzos por lograr la inserción de las nuevas tecnologías en la academia, opinión que se ve reforzada debido al uso y auge de teléfonos móviles inteligentes (smartphones) y tabletas (tablets), así como el surgimiento de un sinnúmero de aplicaciones que hacen uso de la cámara y la pantalla integradas en el dispositivo para mostrar datos mezclados con el mundo real.

Con base a lo anterior, a lo largo del texto se señalan los aportes y la pertinencia del desarrollo de la aplicación móvil *ARPrende* dentro del contexto universitario de la Universidad del Atlántico, tomando como referencia las experiencias educativas que se dieron dentro del campus universitario en el segundo semestre del año 2016 enmarcado en las actividades pedagógicas denominadas *Reto Capturer* y *Vocabulary go*, las cuales fueron diseñadas como una estrategia para el fortalecimiento de aprendizaje de los contenidos de las asignaturas cátedra universitaria (modalidad virtual) y el curso de portugués (presencial) .

## 2 Realidad Aumentada y Educación Superior.

La Realidad Aumentada (RA) es “aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por mediaciones pedagógicas y tecnológicas” [2]. Por su parte, otros autores consideran que la RA es el término para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico en el mundo real, cuyos elementos se combinan con otros virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real.

Desde su nacimiento aproximadamente en los años 90, ha venido evolucionando y denominándose como herramienta de apoyo al conocimiento y su maduración en estos últimos años, ha permitido acercar a las comunidades mediante el desarrollo de acciones y tareas específicas de distintas áreas del saber tales como: Arquitectura, Educación, Ciencias Básicas, Ingenierías y los museos entre otros. De acuerdo al Informe Horizont, publicado en el año 2010, ubica a la Realidad Aumentada como una de las 2 tecnologías emergentes que probablemente tendrán un uso generalizado en campus universitarios en un horizonte de implantación de dos a tres años [3]. Asimismo, la prestigiosa publicación británica *The Economist* aseguró en septiembre de 2009, que “intentar imaginar cómo se utilizará la Realidad Aumentada es como intentar predecir el futuro de la tecnología web en 1994”. Según la ponencia de los Investigadores Kesim & Ozarslan [4], la Realidad Aumentada en dispositivos móviles generará más de 700 millones de dólares en el 2014, con más de 350 millones de terminales móviles con capacidad de ejecutar este tipo de aplicaciones. Un indicador que puede ser significativo es la tendencia de búsqueda en la web. Desde junio de 2009 la búsqueda por *Augmented Reality* supera el número de búsquedas realizadas con la cadena *Virtual Reality*.

La interacción entre el mundo físico y el mundo virtual se hace en tiempo real, lo que permite la plena integración de ambos mundos a través de un software y

un hardware previamente instalados. Hay que diferenciar los conceptos de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, ya que ambas tecnologías permiten que una persona interactúe con elementos virtuales existiendo entre las dos grandes diferencias.

La RA requiere de 4 elementos:

- Un Dispositivo para visualizar.
- Una cámara.
- Un Software para su desarrollo o ejecución de la aplicación.
- Un Marcador.

## **2.1 Realidad aumentada en la Universidad del Atlántico**

Es tanta la importancia actual de Realidad Aumentada, que el International Symposium on Mixed and Augmented Reality [5], fue el evento más importante a nivel internacional sobre este tema y se ha creado una sección especial denominada "Arte, media y humanidades", en sus últimos congresos con especial protagonismo de la RA. Lo anterior invita a reflexionar acerca de las habilidades de los profesionales de este milenio, los cuales están en capacidad de propiciar el desarrollo adecuado utilizando la difusión de esta herramienta con el diseño de marcadores y actividades requeridas en cada campo del saber de la Universidad del Atlántico. Es por esto que el semillero de investigación Trinity, ha orientado su trabajo a construir soluciones tecnológicas para todos los docentes que deseen construir conocimiento con la ayuda de herramientas TIC.

En la actualidad es imposible desconocer que una de las principales causas del crecimiento en el uso de la RA se debe a la diversificación de los espacios de interacción fuera del propio ordenador, debido a que en la actualidad todo el mundo puede tener una interfaz empleando Realidad Aumentada sobre dispositivos móviles y tabletas. En general, el proyecto ARprende le ofrece a la Comunidad Universitaria una nueva forma de interactuar con los sistemas informáticos, utilizando recursos tridimensionales, dada la imperante necesidad de estar a la vanguardia de los sistemas informáticos así como también hacer extensivos dichos recursos a sus estudiantes. A futuro la meta es revisar las necesidades de cada área del conocimiento y establecer prioridades en la creación de marcadores para el apoyo futuro de cada sección.

El surgimiento e implementación por parte de las instituciones de educación superior de nuevas Tecnologías Educativas y Mediaciones Pedagógicas, y la relación entre la interactividad educativa y la forma como el conocimiento ha sido organizado y expuesto, están exigiendo que los estudiantes se familiaricen con su contexto y pongan en práctica su conocimiento sobre situaciones reales en dimensiones culturales, organizacionales e históricos actuales. Es así como surgen el interrogante acerca de: ¿Cómo la RA puede ser usada como estrategia pedagógica? ¿Cómo puede la RA fortalecer los procesos de Enseñanza y aprendizaje en la Universidad del Atlántico? ¿Puede la incorporación de esta tecnología impulsar lo propuesto en las líneas y objetivos estratégicos, definidos en el marco del plan estratégico 2010-2019 [6], que define el Desarrollo de la Ciencia, la Tecnología, la Innovación y las Artes; Formación Humanista y Científica de Excelencia y Pertinencia; Relaciones Universidad y Sociedad, Vinculación con el Entorno; Bienestar Universitario, Democracia y Convivencia, y Modernización de la Gestión Universitaria como los Motores institucionales de Desarrollo y Visión?

### 2.3.1 Proyectos pilotos 2016 : Reto Capturer y Vocabulary Go!

#### 2.3.1.1 Descripción de Retocapturer

En el segundo semestre del año 2016, en el seno del Proyecto de Educación Virtual, nació la idea de gamificar las actividades del curso virtual de Cátedra Universitaria, la cual es ofertada a alrededor de cuatro mil estudiantes de todos los programas de la Universidad del Atlántico. Dicha idea tenía como objetivo disminuir el porcentaje de deserción y aumentar la motivación o interés de los estudiantes hacia los contenidos del curso.

Debido a la popularidad que obtuvo a nivel mundial en aquel momento el juego de Pokemon Go!, se ideó una estrategia pedagógica para el curso virtual anteriormente mencionado, mediante contenidos mediados en interfaces de RA.

El proceso para desarrollar esta estrategia denominada *Retocapture*, consistió en primera medida la conformación de un equipo de trabajo interdisciplinario integrado por los miembros del grupo de investigación enl@ce para evaluar la forma de abordar el proyecto de la manera ideal, llevando a cabo una serie de reuniones de planificación y toma de decisiones, asignación de tareas y elaboración de contenidos de forma continua con el grupo de trabajo.

Posteriormente se eligieron las herramientas de desarrollo y se creó la aplicación móvil *ARprende* con lo cual fueron generadas 103 escenas en realidad aumentada distribuidas en las diferentes unidades de la asignatura cátedra universitaria, las cuales contenían actividades y preguntas elaboradas previamente por los docentes que dirigen estas clases virtuales. Es preciso aclarar que estas escenas o marcadores pueden ser leídos mediante cualquier dispositivo móvil en cada una de las 20 estaciones dispuestas en la Universidad. En la figura 1. Se presenta un ejemplo de la estructura de una pregunta realizada a través de realidad aumentada y en la figura 2. Se evidencia a un grupo de estudiantes capturando cada uno sus preguntas aleatorias con el mismo marcador o escena.

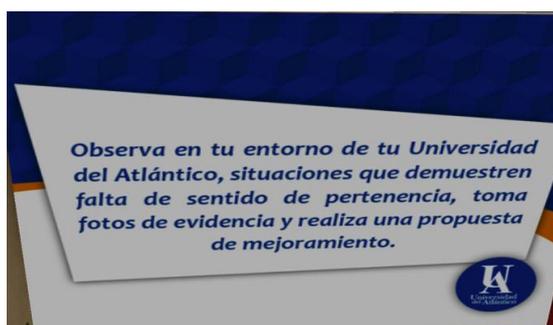


Fig. 1. Escena o marcador de Retocapturer. Fuente: Archivo personal



Fig. 2. Estación de Retocapturer con múltiples jugadores. Fuente: Archivo personal.

### 2.3.2 Descripción de Vocabulary Go!

Esta actividad pedagógica se trabajó atendiendo a la necesidad de implementación de estrategias TIC al proceso de enseñanza- aprendizaje en la asignatura de Portugués de la Universidad del Atlántico a cargo del docente Bryan Arrieta, el cual mostraba gran interés en el desarrollo de estas estrategias en sus clases a fin de aumentar la motivación y la participación activa de sus estudiantes.

La actividad principal de la clase consistió en realizar una ruta fuera del aula de clase a través de la cual los estudiantes tuvieron la oportunidad de descubrir una serie de marcadores que contenían vocabulario relacionado con la unidad del curso (ver figura 3).

#### 11. Loja principal: David não tem uma gilete.



Fig. 3. Actividad Vocabulary Go! desarrollada por los estudiantes del curso de Portugués. Fuente: Archivo personal.

### 3 Desarrollo de la Aplicación móvil: ARprende

Para el desarrollo de la aplicación se planteó en un principio que fuese desarrollada completamente bajo tecnología open source usando como base el programa *Blender*, el cual es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, iluminación, renderizado, animación y creación de gráficos tridimensionales, además se puede desarrollar vídeo juegos ya que posee un motor de juegos interno y *ARToolKit* el cual es una biblioteca que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada, en las que se sobrepone imágenes virtuales al mundo real.

Pero se encontró que el desarrollo basado en *Blender* y *ARToolKit* implicaba ciertas limitantes como el uso de imágenes de referencia para proyectar el contenido 3d, además de dificultar mucho el desarrollo multiplataforma.

Por tal motivo se cambia a un stack de tecnología basado en *Unity* la cual es una plataforma para desarrollar videojuegos multiplataformas a partir de un único desarrollo y *Vuforia* una librería de realidad aumentada la cual es compatible con Android, iOS, UWP, y algunas marcas de gafas inteligentes.

Ninguna de estas soluciones es de código abierto, pero su rango de precio es razonable, y no hay costo inicial para desarrollo o educación. Adicionalmente el constante desarrollo de ambas tecnologías y su comunidad sirvieron para validar la decisión final.

#### 3.1 Inicio del desarrollo

Unity era una tecnología con la cual el equipo de desarrollo tenía experiencia, no obstante con Vuforia solo se habían hecho algunas pruebas bajo Android studio el cual es un entorno de desarrollo usado comúnmente para el desarrollo nativo de la plataforma Android para dispositivos móviles, pero Vuforia posee una documentación algo extensa y una comunidad de desarrollo bastante amplia lo cual permitió disipar dudas iniciales del proyecto como el uso dentro de Unity, el uso de imágenes y elementos del mundo real sobre los cuales proyectar los contenidos etc.

Durante el mes de febrero se desarrolla una versión Alfa de la aplicación con la cual no se presentaron inconvenientes hasta que se actualizó a la última versión de Unity y Vuforia la cual presentaba muchos errores en los dispositivos móviles lo que ocasionó que no se proyectara los contenidos o que la app no iniciara. Se decidió entonces crear una versión beta introduciendo así un mínimo producto viable que pudiese proyectar contenido de manera que se lograra interactuar con ellos mismos reportando los errores o bugs a las empresa de Unity y Vuforia.

#### 3.2 Componentes

La aplicación móvil tiene dos componentes esenciales: software y hardware. En lo relacionado con el componente de software se usó:

- El modelado en 3d base de los elementos es realizado en blender y Sketchp.
- La vectorización de los elementos es hecha en Gimp e inkscape.
- La interacción, mapeado, animación y sistema de partículas es hecho en unity.

- La interfaz de usuario es realizada en unity.
- La biblioteca usada para implementar la realidad aumentada es Vuforia.
- El lenguaje de programación es C#.
- Las imágenes usadas como marcadores pueden almacenarse en el smartphone o en un servidor en la nube
- Se compila la app y se exporta en una sdk para poder instalarla en los smartphones.

Por su parte, el componente de hardware trae consigo una serie de componentes básicos que se listan a continuación:

- Smartphone gama media baja.
- Cámara principal superior a 2.50 megapíxeles.
- 50mb de memoria para almacenamiento disponible.
- Acelerómetro.
- Acceso a internet si el contenido está en la nube.

Las figuras 4 y 5 representan algunas de los objetos creados para la versión Beta de *ARprende*. Del mismo modo se visualiza el proceso general de la creación de contenidos en la figura 6:



**Fig 4.** Imagen de un orco y sus puntos de reconocimiento usado para la app.  
Fuente: Archivo personal.



Fig. 5. Imagen de un dragón y sus puntos de reconocimiento usado para la app. Fuente: Archivo personal.

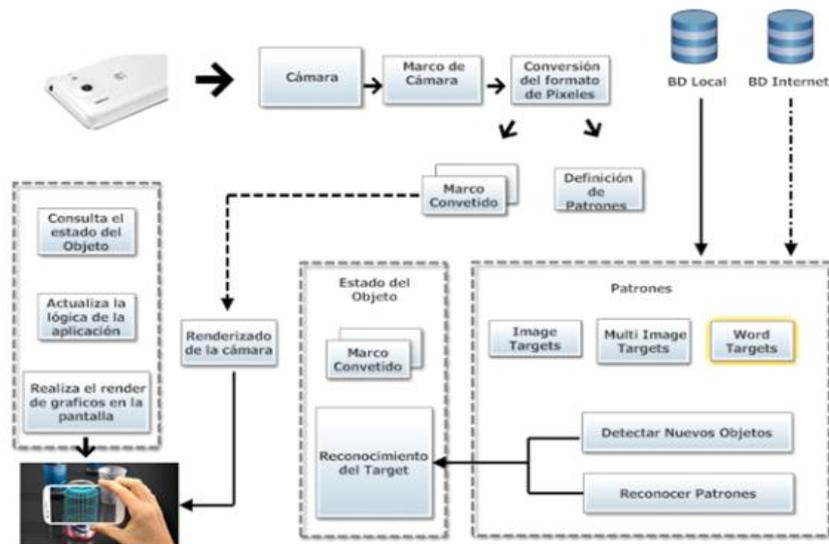


Fig. 6. Proceso de visualización de software y hardware en realidad aumentada. Se puede consultar la página <http://www.scoop.it> a fin de conocer el flujo de proceso de la SDK de Vuforia.

#### 4 Logros y lecciones aprendidas durante el proyecto piloto

Para este tipo de proyectos es necesario definir el contenido que se mostrará al público o cliente con mucha antelación antes de pensar en la fase de programación, debido a los tiempos de desarrollo y la complejidad de los mismos. El desarrollo de tecnología basada en RA puede parecer compleja no obstante existe gran cantidad de

información en la red para poder solucionar las eventualidades durante el desarrollo, adicionalmente permite experimentar muchas opciones.

Del mismo modo, la accesibilidad que hoy existe de los dispositivos móviles y tablets en las instituciones y hogares, logra que la educación disruptiva y las características de un aprendizaje ubicuo prácticamente soportan el hecho de que es necesario implementar este tipo de herramientas en la educación actual.

La receptividad de los docentes, directivos y estudiantes universitarios ha sido positiva respecto a la tendencia de uso y actitud que impulsa a los integrantes de este proyecto a seguir mejorando las herramienta tecnológicas que brindan una solución y un aporte a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

## **5 Proyecciones para ARprende**

Desde diferentes niveles se puede apreciar las proyecciones que tiene ARprende. A nivel tecnológico se busca crear una aplicación móvil como núcleo del desarrollo la cual permite escalar más rápido y crear una plataforma interna que facilite la generación de contenido por parte de los usuarios usando un gestor de contenidos interactivos.

A nivel comercial, entablar alianzas con editoriales, permitiendo así escalar usando las publicaciones ya presentadas por ellos y aportar contenido en realidad aumentada.

### **5.1 Planes generales**

Como resultado de las pruebas piloto: Retocapturer y Vocabulary Go! en el año 2016, sirvieron para entender las necesidades de la Universidad del Atlántico en cuanto a la incorporación de las tecnologías emergente como estrategia pedagógica en los cursos.

En cuanto a lo tecnológico se continuará mejorando la aplicación móvil en cuanto a su estructura y diseño, pero también será necesario ir documentando los procesos de creación de contenido para lograr transmitir las valiosas experiencias a otras instituciones y grupos que quieran desarrollar e implementar la realidad aumentada para los procesos de enseñanza-aprendizaje.

### **5.2 Planes a nivel de desarrollo**

Los planes de mejoras proyectos a mediano plazo, se encuentran divididos en dos: Planes generales y planes de mejora.

El objetivo a mediano plazo es robustecer la aplicación móvil o expandir el desarrollo hacia una aplicación que permita el uso de Realidad Aumentada, Realidad Virtual y Simulación Inmersiva.

## 6 Conclusiones

Cada vez es más común encontrar elementos Realidad Aumentada en la vida cotidiana, dado que la publicidad, ingenierías, medicina y otras áreas del saber aprovechan sus potencialidades para hacer llegar el mensaje deseado. Lo anterior permite comprender por qué es una tecnología bajo la cual planteamos el desarrollo de la aplicación móvil ARmedia como solución TIC para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Durante la puesta en marcha de las pruebas pilotos: Retocapturer y Vocabulary Go! presentadas en este artículo, se ha logrado validar la aplicación móvil ARprende, además de generar una valiosa experiencia en términos de diseño de contenido educativo y requerimientos técnicos para la implementación de la realidad aumentada, como estrategia pedagógica en la Universidad del Atlántico.

Finalmente, se da cuenta de la necesidad de incorporar tecnología emergente como apoyo a la docencia, con el propósito de motivar e innovar en proceso de enseñanza- aprendizaje, además de que se considera que la labor debe continuar, pues los estudiantes de las diferentes carreras se beneficiarán de su aplicación en las distintas áreas del saber.

## Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen a Brayan Díaz y Edwin Márquez, miembros del semillero Trinity y a todos los miembros del equipo del Proyecto de Educación Virtual de la Universidad del Atlántico por sus valiosos aportes al proyecto ARprende, al profesor Bryan Arrieta, por ceder el espacio para la realización de la prueba piloto y a la alianza AISO- Fundación Trush For The Americans por apoyar esta iniciativa.

## Referencias

1. Kipper, G. y Rampolla, J. (2012). Augmented reality: an emerging technologies guide to AR. Massachusetts: Syngress.
2. Carracedo J.,Martínez C.. (2012, Mayo). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. IEEE-RITA, 7, 102-108.
3. Garcia, I., Peña López, I., Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). Informe Horizon: edición iberoamericana 2010.
4. Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 47, 297-302.
5. ISMAR 2014, International Symposium on Mixed and Augmented Reality. Recuperado el 1 de Agosto, de 2015 <http://ismar.vgtc.org/>

6. Plan estratégico, Universidad Del Atlántico. 2009-2019. Informe sobre calidad, pertinencia y retos de la Universidad del Atlántico. Recuperado Agosto del 2015. [http://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/pdf/arc\\_5016.pdf](http://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/pdf/arc_5016.pdf)



## **SESIÓN GESTIÓN Y GOBERNANZA DE LAS TIC**



## A evolução da metodologia e do processo de desenvolvimento de software no CPD da UFRGS

Thiago Stein Motta, Daniel Del Sent Soares

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Processamento de Dados  
Rua Ramiro Barcelos, 2574, 90035-003 Porto Alegre, RS, Brasil  
E-mail: thiago@cpd.ufrgs.br, daniel@cpd.ufrgs.br

**Resumo.** Esse artigo discorre sobre as modificações de metodologia e processo que aconteceram na área de desenvolvimento de software do CPD da UFRGS. Todas as mudanças iniciaram com a reestruturação organizacional do CPD, que dividiu a área de sistemas entre a análise de negócios e o desenvolvimento de soluções. A nova estrutura permitiu que os desenvolvedores trabalhassem de forma mais próxima física e tecnologicamente, o que culminou na geração de soluções mais inovadoras e com um maior nível de qualidade funcional e de uso. O artigo relata projetos que foram construídos nos últimos anos e o que está sendo pensado para o futuro próximo.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento de Software. Programação. Processo. Metodologia.

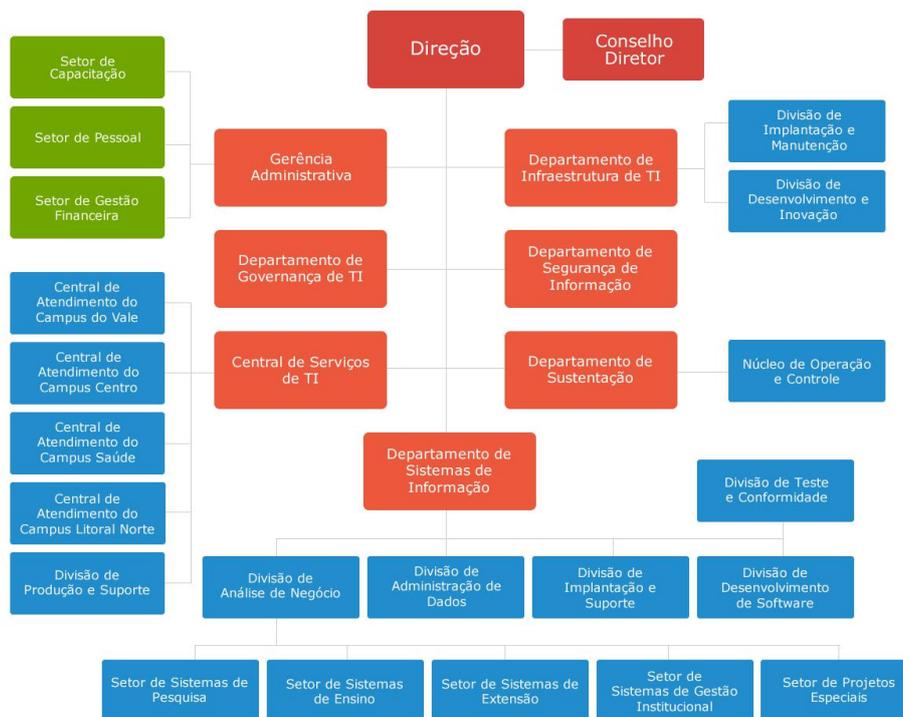
**Eixo temático:** Gestión y Gobernanza de las TIC.

### 1 Introdução

A partir da identificação da necessidade de redefinir as políticas de relacionamento com os usuários no Plano Diretor de Tecnologia da Informação PDTI 2011-2015 [1], o Centro de Processamento de Dados (CPD) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) passou por uma completa reorganização de sua estrutura organizacional, derivada da criação de uma Central de Serviços de TI (CSTI) [2]. Essa mudança foi impactante no modo de trabalho do CPD, buscando profissionalizar o atendimento à comunidade universitária, mas, devido principalmente à falta de recursos humanos, a efetiva implantação de alguns processos ainda não foi efetivada. Entretanto, alguns reflexos da reestruturação são perceptíveis ao Taobservar o aumento da qualidade e da diversidade de serviços oferecidos, figurando entre esses a metodologia e os processos de desenvolvimento de software.

Quando do momento de aprovar a nova estrutura do CPD e enviar a proposta para avaliação do Conselho Universitário, no início do ano de 2014, alguns membros do Conselho Diretor do CPD perceberam que havia uma oportunidade não explorada no projeto original, que não contemplava uma mudança significativa na área de desenvolvimento de sistemas, tendo maior enfoque no provimento e na manutenção dos serviços de infraestrutura. Ainda que previsse uma centralização do desenvolvimento de software, visando aproximar os programadores e facilitar o estabelecimento de um padrão do processo de desenvolvimento, o projeto original enxergava o grupo como um *pool* de programadores, que permanecia submisso a um

departamento que centralizaria as demandas, limitando a criação de soluções de software para algumas áreas de negócio da Universidade, como demonstra a Fig. 1.



**Fig. 1 Proposta original de reestruturação organizacional do CPD da UFRGS.**

Ainda que fosse atrasar o envio do projeto para o Conselho Universitário (CONSUN), a direção do CPD (formada pela diretora do CPD e pelos diretores dos departamentos) concordou em rever as mudanças. Foram, então, elaboradas algumas propostas, construídas coletivamente entre os analistas de negócio e desenvolvedores do CPD, para que fossem apresentadas à apreciação da direção. As propostas buscavam demonstrar que uma cisão do Departamento de Sistemas de Informação (DSI) poderia facilitar a padronização dos processos de software e também fornecer maior autonomia à criação de soluções de software para todas as áreas de negócio da Universidade, sem depender de um filtro prévio do DSI. Após ampla discussão dentro do CPD, decidiu-se pela criação do Departamento de Soluções de Software (DSS), que abrigaria a Divisão de Desenvolvimento de Software e a Divisão de Teste e Conformidade, estabelecendo um ponto de comunicação direto e se colocando como provedor de soluções para os outros departamentos.

Hoje, é possível ver claramente que a criação do novo departamento foi providencial para a resolução de algumas demandas e para os avanços tecnológicos que se deram nos últimos 2 anos de história do CPD, como será retratado nesse artigo. A seção 2 descreve a reunião inicial da equipe e o início do trabalho conjunto que viria a construir o departamento; a seção 3 descreve os projetos que foram construídos entre os anos 2015 e 2016 e a influência que eles tiveram no CPD e na UFRGS; por

fim, a seção 4 conclui o artigo e apresenta os projetos atualmente em curso e os potenciais impactos que eles terão em um futuro próximo.

## 2 Trabalho em equipe

No momento da criação do DSS, a maioria dos servidores e bolsistas que ingressaram no departamento já estavam no CPD há mais de 5 anos, trabalhando em divisões de negócio diferentes, o que significa que eles já estavam acostumados com o trabalho individualizado e pouco habituados com o compartilhamento de informações. Felizmente, a criação do departamento já se deu em conjunto, o que era um indicativo de que não seria difícil transformar esse grupo, de cerca de 30 pessoas, em uma equipe.

Para isso, o primeiro passo foi aproximar as pessoas, colocando todas em uma mesma sala – uma grande sala criada com a remoção de uma parede. O posicionamento dos postos de trabalho foi definido em uma reunião e, inicialmente, decidiu-se que os servidores iriam posicionar suas mesas lado a lado em um dos lados da sala e os bolsistas de forma semelhante do outro lado. A exceção foram os integrantes da Divisão de Teste e Conformidade, que, por falta de espaço físico, ficaram na sala ao lado. A partir disso, algumas outras estratégias foram traçadas buscando aproximar os integrantes do departamento, como: realização de reuniões semanais para troca de conhecimentos e resolução de problemas e conflitos; criação de uma sexta-feira temática por mês, em que um tema era escolhido em votação para que as pessoas viessem caracterizadas; confraternizações próximas a datas festivas pós horário de trabalho; e realização de pequenas reuniões diárias para acompanhamento de tarefas.

Transcorrido menos de um ano da criação do departamento, a disposição dos postos de trabalho foi modificada buscando aproximar fisicamente as pessoas que trabalhavam junto, fossem servidores ou bolsistas. Essa se mostrou uma estratégia acertada porque clarificou a ideia de que não se queria introduzir segregações internas, mas unir as pessoas para que elas trabalhassem em conjunto. Na ocasião dessa modificação, também foi introduzida a realização de uma assembleia mensal, com participação obrigatória de todos integrantes, e sugerida a realização de atividades técnicas em conjunto, como programação em pares e *coding dojos*, para que a equipe trabalhasse cada vez mais semelhante, o que facilitaria a transição do trabalho dentro do grupo.

A medida que o tempo foi passando, alguns integrantes, principalmente bolsistas, saíram do CPD, enquanto novos ingressaram. Houve também o chamamento de novos servidores que eram ou já haviam sido bolsistas do CPD, o que representou um importante reforço à equipe. Essa substituição gradual de parte da equipe contribuiu para harmonizar ainda mais os processos de trabalho e a própria integração do departamento, pois membros mais antigos, mais resistentes às mudanças e apegados a vícios da forma anterior de trabalho, foram substituídos por pessoas que já ingressaram no ambiente integrado, no qual o trabalho é feito em conjunto e a própria forma de trabalhar é compartilhada. A nova forma de trabalho acabou inclusive por atrair servidores que estavam alocados em outros setores da Universidade e, mesmo,

do próprio CPD, pois sempre se manteve a ideia de mobilidade interna neste Centro, buscando garantir a satisfação dos servidores em seu ambiente de trabalho.

Em paralelo à unificação da forma de trabalho na construção de soluções de software e buscando consolidar o processo de trabalho na área de desenvolvimento dos sistemas da Universidade, alguns membros do DSI, departamento em que permaneceram alocados os analistas de negócio, em conjunto com alguns membros do DSS definiram um Processo de Software. Esse processo foi construído coletivamente em reuniões semanais ao longo de seis meses de trabalho e previu a interação não só entre os dois departamentos da área de sistemas, mas também com os demais departamentos do CPD, finalizando com a entrega do serviço para a Central de Serviços de TI. Ainda que a ideia do processo não seja enrijecer a metodologia de trabalho, buscou-se, com ele, consolidar e delimitar a relação dos departamentos na construção de sistemas para a Universidade. O novo processo e outras estratégias de modernização do processo de desenvolvimento de software são descritos na seção 2.1.

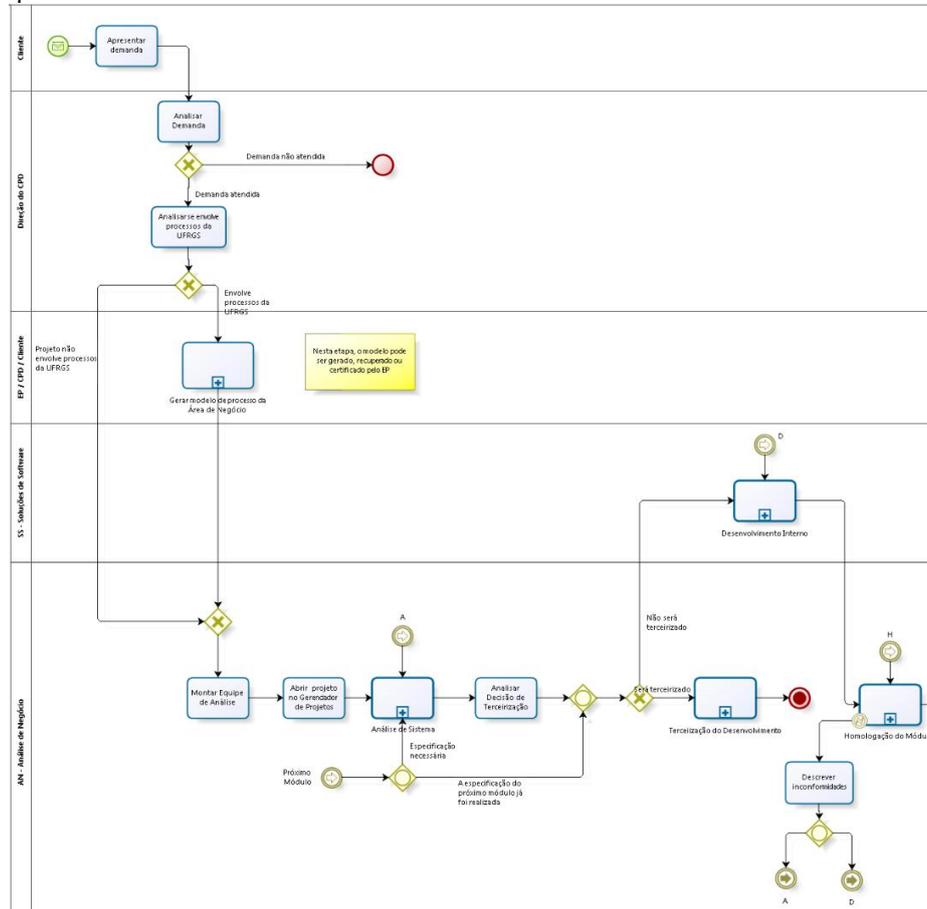
## **2.1 O novo processo de trabalho**

Conforme mencionado, o Processo de Software foi uma construção coletiva que previu a integração e comunicação entre os departamentos do CPD. Ele traça o ciclo de vida de um módulo de sistema desde o surgimento da demanda pelo cliente, passando pela priorização entre as demandas já existentes, o levantamento de requisitos e a especificação, o desenvolvimento, os testes, a homologação pelo cliente, a passagem para o ambiente de produção, o treinamento do cliente para replicação entre os usuários e a entrega do serviço para a CSTI. A parte mais significativa do processo macro pode ser observada na Fig. 2, na qual também pode ser visto que o processo elaborado está alinhado à ideia de gestão por processos que vem sendo implantada na UFRGS, prevendo uma etapa de verificação se o sistema faz parte de algum dos processos da Universidade.

Além de especificar as diversas etapas pelas quais um módulo de sistema deve passar até estar disponível para o cliente, a definição do processo também passou pelo levantamento de artefatos necessários nessas etapas. O objetivo disso foi uniformizar a forma de documentação dos sistemas e especificar o mínimo de informações que deveriam estar definidas antes de iniciar o desenvolvimento do sistema. Isso foi necessário para que os sistemas fossem mais bem pensados na fase de planejamento e diminuísse a quantidade de retrabalho no desenvolvimento e na correção de problemas após sua publicação.

Unificada a forma de recebimento de demandas de desenvolvimento, as atividades de integração (social e tecnológica) do departamento serviram para uniformizar a produção dos sistemas após um longo período de desenvolvimento individual. Uma das práticas mais produtivas que foram e continuam sendo experimentadas no desenvolvimento de alguns sistemas foi a programação em pares [3]. A prática de programação em pares no desenvolvimento de sistemas foi proposta visando a troca de experiência entre os desenvolvedores, buscando fazer um nivelamento entre os colegas de trabalho, além de uma padronização no código desenvolvido. A proposta foi bem recebida pela equipe e todos tentaram executá-la da melhor forma possível,

embora tenha sido perceptível que algumas experiências foram mais produtivas do que outras.



**Fig. 2** Principal parte do macro processo de software.

Como relata Silveira [3]: “Uma das maiores vantagens da utilização dessa prática da *Extreme Programming* é o fato de que há uma dupla verificação durante a implementação: temos o desenvolvedor que está digitando e está focado em codificar para finalizar a tarefa e o observador que está focado em encontrar possíveis falhas no que foi codificado, resultando assim num código muito mais confiável”. Tendo como base as experiências de programação em pares, foi possível perceber que o resultado mais produtivo se dá quando os programadores possuem conhecimentos complementares sobre a tarefa, seja sobre programação, sobre o *framework* utilizado ou, mesmo, sobre as regras de negócio.

Outra das estratégias empregadas para nivelar os conhecimentos técnicos dos membros da equipe é a realização de *coding dojos*, que são reuniões que têm o propósito de resolver um problema de programação e os desenvolvedores se revezam na atividade de programar enquanto os demais observam o que está sendo feito e dão sugestões. Essa prática, embora não tão explorada quanto a anterior, também foi

produtiva, em especial para a disseminação de conhecimento de desenvolvedores mais experientes, mas também para a colaboração da equipe na tarefa de refatoração de sistemas.

### 3 Colhendo frutos

Naturalmente, mudanças levam tempo até que sejam consolidadas. Essa realidade é ainda mais perceptível no serviço público, em que há uma maior resistência a mudanças por parte dos servidores, pois não há motivação para a atualização permanente. Mesmo assim, ainda que não esteja completamente consolidado o novo processo de trabalho, são perceptíveis as realizações que o CPD alcançou desde a sua reestruturação no âmbito de soluções de software.

Como há uma divisão organizacional entre os analistas de negócio, que são responsáveis por receber e analisar as demandas das diversas áreas da Universidade, e os analistas especializados em desenvolvimento e teste, desenvolvedores e testadores, responsáveis pelo efetivo desenvolvimento e verificação das soluções tecnológicas, há uma maior autonomia no processo de criação de soluções, o que possibilita ao DSS o atendimento de demandas internas do CPD ou que surgem diretamente da administração central. Dessa forma, alguns projetos que estavam há algum tempo sendo postergados puderam ser executados e concluídos, como é o caso da criação dos primeiros aplicativos para *smartphones* produzidos pela Universidade [4], que era um desejo do Reitor durante o seu segundo mandato, em 2015.

Outras duas demandas que foram encaminhadas diretamente pelo DSS e concluídas no ano de 2015 foram o Catálogo de Serviços de TI da UFRGS [5], que se integra com o software ITSM adquirido pela Universidade para alinhar os processos de atendimento e gerenciamento de serviços ao ITIL, e o Sistema de Ponto Eletrônico [6], uma demanda urgente que surgiu após uma intimação da Universidade pelo Ministério Público Federal. A primeira permitiu que a equipe de desenvolvimento e design trabalhassem juntas para construir o primeiro sistema Web responsivo da UFRGS, uma abordagem necessária no desenvolvimento para Internet atualmente e que vem sendo seguida na concepção de novos sistemas desde então. A segunda permitiu que fosse experimentado o processo de programação ágil, misturando técnicas de Scrum e XP, pois o sistema precisava estar pronto para uso em um prazo extremamente exíguo que não poderia ser postergado.

Paralelamente a isso, a Divisão de Teste e Conformidade (DTC) buscava sedimentar no CPD a cultura de teste de software buscando uma maior qualidade nos serviços entregues aos clientes [7]. Inicialmente devagar, devido, principalmente, a resistências internas, a equipe foi conquistando seu espaço e foi responsável, inclusive, por auxiliar na homologação do software ITSM contratado pela Universidade, já mencionado no parágrafo anterior.

No ano seguinte, a equipe, já trabalhando de forma mais integrada, orquestrou mudanças significativas na metodologia de desenvolvimento. Com o crescimento da utilização dos aplicativos para *smartphone* e o surgimento de novos projetos para essa plataforma, surgiu a necessidade de desenvolvimento de uma *Application Programming Interface* (API) para que fosse possível a comunicação entre os

aplicativos instalados de forma distribuída nos *smartphones* dos usuários com a base de dados institucional, já que a antiga forma de funcionamento dos aplicativos era através de simulações de requisição a páginas Web, o que estava ficando inviabilizado com a grande quantidade de usuários. Para o desenvolvimento da API, construída conforma o padrão REST [8], foram utilizadas tecnologias já consolidadas no mercado, como a biblioteca de autenticação OAuth 2.0 [9] e o gerenciamento de permissões e autorização no padrão RBAC [10]. Além disso, o desenvolvimento da API incentivou a equipe a estudar e adotar o *framework* Yii 2.0 [11], a nova versão do *framework* já utilizado para o desenvolvimento de sistemas no CPD.

Com o surgimento e consolidação da API, vislumbrou-se a possibilidade de dividir mais claramente o trabalho de desenvolvimento de sistemas entre *backend* (a parte de comunicação com a base de dados e responsável por grande parte das regras de negócio) e *frontend* (a porção do software que é visível e manipulada diretamente pelo usuário). Esse era um desejo antigo da gestão do desenvolvimento, pois essa separação facilita a distribuição de tarefas dentro da equipe e a especialização dos desenvolvedores de acordo com sua preferência. Para formalizar essa separação, no final de 2016 foi iniciado o processo de criação da Divisão de Experiência do Usuário (DEU), que, vinculada ao DSS, ficou responsável por estabelecer e implantar os padrões de interface, usabilidade e acessibilidade nos sistemas. Atualmente, a nova estrutura organizacional do CPD, apresentada na Fig. 3, que possui algumas outras modificações além da criação da nova divisão, está aguardando aprovação do CONSUN, mas a DEU já possui projetos concluídos, como a reestruturação do site do CPD, e em execução, como o novo portal de vídeos da Universidade e um aplicativo para facilitar a mobilidade urbana da comunidade universitária.

Recentemente, novos bolsistas ingressaram no DSS, incluindo uma bolsista na área de design, que irá exercer suas atividades junto à DEU. O CPD já teve bolsistas designers no passado, mas eles acabavam sendo mal aproveitados, pois as tarefas específicas de design eram sempre relegadas ao segundo plano, pois não havia o entendimento da importância de prover uma boa experiência de uso dos sistemas aos usuários. Com a criação da nova divisão, entretanto, o CPD afirma seu compromisso não somente em oferecer aos seus clientes sistemas robustos com qualidade funcional, mas também com qualidade de uso.

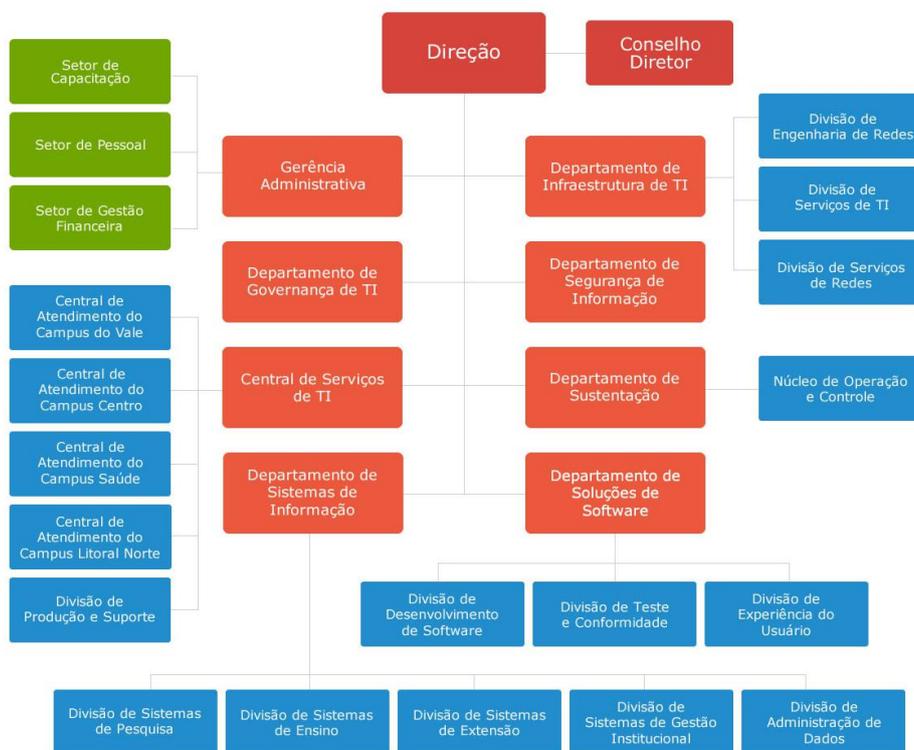


Fig. 3 Estrutura organizacional atual do CPD da UFRGS.

#### 4 Considerações finais e um vislumbre do futuro

Quando foi constituído, no primeiro semestre de 2014, o Departamento de Soluções de Software possuía 8 analistas (4 de desenvolvimento, 2 de teste e 2 especializados em *Business Analytics* (BA)), 4 técnicos (3 de desenvolvimento e 1 de teste) e 26 bolsistas de desenvolvimento, que estavam habituados a trabalhar sozinhos e sem seguir padrões e processos unificados de desenvolvimento. Entre mudanças de pessoal e de metodologia de trabalho, hoje o DSS conta com 7 analistas (4 de desenvolvimento, 1 de teste e 2 especializados em *Business Analytics* (BA) – um em afastamento para cursar doutorado), 8 técnicos (6 de desenvolvimento, 1 de teste e 1 especializado em experiência do usuário (UX)) e 15 bolsistas (9 de desenvolvimento *backend*, 5 de desenvolvimento *frontend* e 1 designer). Embora atualmente tenha uma equipe mais integrada e ágil e dependa menos do trabalho de bolsistas, que costuma ter uma rotatividade alta, com o aumento da demanda por aplicativos e as necessidades de readequação dos sites e portais da Universidade em relação à usabilidade e acessibilidade, associados com a constante demanda de desenvolvimento e manutenção dos sistemas, é importante a ampliação da equipe e a criação de instrumentos para a manutenção dos recursos humanos existentes, visto

que a remuneração para os cargos de TI da Universidade está muito aquém das encontradas no mercado.

Apesar de ainda haver possibilidades de melhoria em seu processo de trabalho e até mesmo na integração da equipe, o DSS já apresentou para a Universidade projetos importantes que foram originados no próprio departamento (como os aplicativos para *smartphones*, a criação da API, o Catálogo de Serviços de TI, a reformulação do site do CPD, o sistema de Interações Acadêmicas e o sistema de Ponto Eletrônico, entre outros que ainda não foram concluídos, como o portal de vídeos), além de continuar o desenvolvimento e manutenção dos sistemas em parceria com os analistas de negócio e de infraestrutura. Como resultado do forte trabalho de integração e de unificação da metodologia de desenvolvimento, hoje os integrantes da equipe se sentem motivados em seu trabalho e estão sempre dispostos a trocar experiências e se ajudar para que os objetivos sejam atingidos, entregando serviços de maior qualidade para a comunidade da UFRGS.

Atualmente, a equipe está envolvida no desenvolvimento de sistemas das áreas de ensino, pesquisa, extensão e gerência administrativa da Universidade, em parceria com os analistas de negócio do DSI, e também dá encaminhamento a projetos internos, como o desenvolvimento do já mencionado aplicativo para auxiliar a mobilidade urbana da comunidade universitária, a refatoração do sistema de gestão e de visualização da programação do Salão UFRGS, a criação do Catálogo de Serviços da Universidade e a criação de um *Chatbot* que auxilie os usuário na resolução de problemas nos serviços de TI oferecidos pela Universidade, que será disponibilizado no site do Catálogo de Serviços de TI.

Além disso, já se vislumbram projetos para o desenvolvimento de um aplicativo para inventário do mobiliário da Universidade e de um portal para gerência dos processos da UFRGS (Portal de Processos), a refatoração do Sistema de Eleições e a reformulação dos portais público e privado da UFRGS. No âmbito da metodologia de desenvolvimento, espera-se continuar o processo de segregação do desenvolvimento *backend* e *frontend*, com o fortalecimento e consolidação da *Restfull* API, e ampliar o escopo de realização de testes nos sistemas para englobar testes de desempenho e de segurança. É certo que sempre haverá possibilidades de aprimoramento e o desejo atual da equipe de desenvolvimento é aproveitar essas possibilidades e seguir o processo de melhoria contínua em relação à sua metodologia de trabalho.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de formalizar seu agradecimento à Sra. Jussara Issa Musse, diretora do CPD quando da criação do Departamento de Soluções de Software, que, além de acreditar no potencial da equipe, foi e continua sendo sua apoiadora e incentivadora.

## Referências

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Plano de Desenvolvimento de Tecnologia de Informação (PDTI): relatório final 2011-2015, <http://www.ufrgs.br/ufrgs/a-ufrgs/pdti-plano-diretor-de-tecnologia-da-informacao>
2. Musse, J.I., Araujo Neto, A.C., Ahlert, H., Rey, L.F., Ignácio, M.C., Motta, T.S.: Impactos estruturais da implantação da governança de TI em uma universidade pública. Em: 5ª Conferencia de Directores de Tecnología de Información, Viña del Mar, (2015), <http://hdl.handle.net/10183/131125>
3. Silveira, F.E.: Relato de experiência do uso de programação em pares no desenvolvimento de sistemas da UFRGS. Em: X Workshop de Tecnologia de Informação e Comunicação das Instituições Federais de Ensino Superior, Gramado (2016), <http://www.xwticifes.ufba.br/modulos/submissao/Upload-316/74283.pdf>
4. Wink, A.S., Mota, T.L., Motta, T.S.: A criação de uma equipe de desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis na UFRGS. Em: X Workshop de Tecnologia de Informação e Comunicação das Instituições Federais de Ensino Superior, Gramado (2016), <http://www.xwticifes.ufba.br/modulos/submissao/Upload-316/74282.pdf>
5. Motta, T.S., Costa, J.S.B., Arena, B.W., Carlotto, M.: Da concepção à disponibilização do Catálogo de Serviços de TI da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em: 6ª Conferencia de Directores de Tecnología de Información, Buenos Aires, (2016), <http://hdl.handle.net/10183/150145>
6. Motta, T.S.: A experiência de implementação ágil e rápida implantação do sistema de Ponto Eletrônico na UFRGS. Em: X Workshop de Tecnologia de Informação e Comunicação das Instituições Federais de Ensino Superior, Gramado (2016), <http://www.xwticifes.ufba.br/modulos/submissao/Upload-316/74223.pdf>
7. Feller, N.J.: Disseminando a Cultura de Teste e Qualidade de Software no CPD-UFRGS. Em: X Workshop de Tecnologia de Informação e Comunicação das Instituições Federais de Ensino Superior, Gramado (2016), <http://www.xwticifes.ufba.br/modulos/submissao/Upload-316/74238.pdf>
8. Fielding, R.T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. PhD thesis, University of California, Irvine (2000).
9. Hardt, D. The OAuth 2.0 Authorization Framework. Internet Engineering Task Force (2012). RFC 6749. <https://tools.ietf.org/pdf/rfc6749.pdf>
10. Sandhu, R. Ferraiolo, D. Khun, R. The NIST model for role-based access control: towards a unified standard. RBAC '00 Proceedings of the fifth ACM workshop on Role-based access control. Pgs. 47-63. Berlim – Alemanha (2000).
11. The Definitive Guide to Yii 2.0. <http://www.yiiframework.com/doc-2.0/guide-README.html> (2017).

## Gestión de Requerimientos a través del Modelo de Fábrica de Software aplicando Metodologías Ágiles

Lisset Alexandra Neyra, María Paula Espinoza, María Patricia Samaniego

Dirección de Operaciones,  
Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador  
laneyra@utpl.edu.ec, mpespinoza@utpl.edu.ec, mpsamaniego@utpl.edu.ec

**Resumen.** La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) es una institución de educación superior que oferta cada año carreras de pregrado y postgrado en modalidad presencial y a distancia, así como cursos cortos a nivel nacional e internacional (Nueva York, Roma y Madrid). Actualmente cuenta con aproximadamente 30000 estudiantes en sus dos modalidades. Su modelo de gestión, tiene como disciplina base la mejora continua y la gestión de la calidad, elementos que se reflejan en sus líneas estratégicas y que define los proyectos estratégicos de la institución, orientado al bienestar de los estudiantes y la sociedad en general. Tanto los proyectos como la operación propia de sus procesos misionales, generan un sinnúmero de requerimientos de mejora o implementación a nivel de procesos o sistemas, los mismos que deben ser priorizados y atendidos con una visión integral, para garantizar una correcta implementación y alineación con las necesidades de la organización.

**Palabras Clave:** Metodologías ágiles, gestión de requerimientos, desarrollo de software.

**Eje Temático:** Soluciones TIC para la Gestión.

### 1 Introducción

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) es una institución de educación superior que brinda oferta académica de pregrado, postgrado y cursos cortos a través de las Modalidades de Estudios: Presencial y Abierta y a Distancia, en esta última cuenta con aproximadamente 30000 estudiantes, 82 centros de atención distribuidos en el Ecuador y 3 centros internacionales en Madrid, Roma y Nueva York [1], razón por la cual, la plataforma tecnológica se convierte en un apoyo primordial de su gestión. Además, la línea estratégica de Liderazgo y Excelencia, determina claramente la necesidad de institucionalizar los procesos y la estructura universitaria así como alcanzar una cultura de calidad [2].

Su Modelo de Gestión Estratégica basado en fundamentos permanentes (modelo educativo, estatuto y macropolíticas) y conyunturales (LOES, plan nacional del buen vivir, matriz productiva, etc.) incorpora un conjunto de disciplinas como el modelo PDCA, el Sistema de Gestión de Calidad y la Gestión por Proyectos y junto con ello la necesidad de gestionar de forma estratégica los requerimientos de tecnología que garanticen que los desarrollos tecnológicos estén fuertemente alineados a la estrategia de la organización, pues como señala Fernández & Llorens, “la planificación tecnológica en la universidad debe formar parte de la planificación global, pues tienen un carácter estratégico y horizontal” [3].

Es así que la gestión de requerimientos constituyen una pieza fundamental de los proyectos de desarrollo de software y marcan el punto de partida para actividades de planificación a través de las estimaciones de alcance, tiempo y costo, así como la definición de recursos necesarios y la elaboración del cronograma, uno de los principales mecanismos de control con los que se contará durante la etapa de desarrollo.

El desarrollo de software no es una tarea fácil. Prueba de ello es que existen numerosas propuestas metodológicas que inciden en distintas dimensiones del proceso de desarrollo. Por una parte tenemos aquellas propuestas más tradicionales que se centran especialmente en el control del proceso, estableciendo rigurosamente las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir, y las herramientas y notaciones que se usarán. Estas propuestas han demostrado ser efectivas y necesarias en un gran número de proyectos, pero también han presentado problemas en otros muchos [4].

Otra aproximación es centrarse en otras dimensiones, como por ejemplo el factor humano o el producto software. Esta es la filosofía de las metodologías ágiles, las cuales dan mayor valor al individuo, a la colaboración con el cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas. Este enfoque está mostrando su efectividad en proyectos con requisitos muy cambiantes y cuando se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad [4].

Actualmente las metodologías ágiles están revolucionando la manera de producir el software [4], sin embargo un error que se ha cometido durante muchos años ha sido pensar que las metodologías ágiles, sin adaptación al caso concreto y real sobre el que operan, eran la mejor opción para todo tipo de proyectos [5], por lo que cada proyecto, empresa, producto, línea de negocio, etc. necesita de una adecuación específica de estas metodologías.

## 2 Problema identificado y solución planteada

La Unidad de Gestión de Tecnologías de Información (UGTI) tiene como misión entregar valor a la comunidad universitaria, a través de la operación tecnológica basada en estándares de calidad y de la implementación de proyectos de innovación, alineando sus esfuerzos hacia el cumplimiento de la misión y objetivos institucionales.

Si bien, el principal cliente externo de la unidad son los estudiantes, por otra parte cada una de las áreas de la universidad se constituyen en clientes internos de UGTI, a través de los requerimientos de tecnología o desarrollo de software, que les permite soportar su operatividad, cumpliendo la función de sus procesos principales. Estos requerimientos son gestionados a través de la política institucional<sup>79</sup>, que norma el proceso de gestión de requerimientos integral, obteniendo como resultado aquellos

---

79

<https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/ORGANIZACION%20INSTITUCIONAL/GESTIÓN%20ADMINISTRATIVA%20FINANCIERA/Política%20de%20gestión%20de%20requerimientos%20para%20mejora%20de%20software.pdf>

proyectos que demandan de intervención tecnológica y que han sido priorizados a nivel institucional orientados a la atención de las líneas estratégicas de UTPL.

Estos requerimientos de software se incrementan en determinadas temporadas en función de la planificación interna, y deben ser atendidos de forma oportuna lo que demanda que el equipo de tecnología implemente estrategias efectivas para la gestión de los mismos.

Una de éstas estrategias es contar con un modelo de Fábrica de Software a través de proveedores (aliados estratégicos), que permitan dar una respuesta rápida y oportuna a los requerimientos, tanto para los clientes externos; es decir los estudiantes como los clientes internos, que puede ser cualquier dependencia interna.

Con este antecedente se realiza la implementación del modelo de Fábrica de Software en la universidad, a través de las siguientes etapas descritas de forma general:

1. Se inició con un proceso de búsqueda de proveedores con experiencia en la prestación del servicio de Fábrica de Software.
2. Definido el proveedor, se inició con un proceso de capacitación e involucramiento en las metodologías ágiles definidas, con los principales funcionales y el equipo técnico de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información, con el fin de conocer el equipo de fábrica, y las características relevantes de cada metodología ágil, esto se lo llevó a través de talleres de trabajo.
3. Se realizó el proceso de transición al equipo de Fábrica de Software del código fuente de los sistemas definidos en el alcance del servicio y se realizó la transferencia de conocimiento del manejo de las aplicaciones y arquitectura definida de los sistemas.
4. Se entregó al equipo de la Fábrica de Software los primeros requerimientos de desarrollo de software, inicialmente el equipo de la UGTI es el frente con los clientes, y posterior se realizó el cambio, donde el equipo de la Fábrica de Software es el frente con los clientes internos de la universidad y el equipo de UGTI es apoyo en el proceso de implementación.
5. Se realizó revisiones periódicas sobre el modelo de trabajo y las metodologías ágiles de desarrollo aplicadas, a través de métricas preestablecidas, lo que permitió detectar puntos de mejora y corrección.

Esta implementación del modelo de Fábrica de Software para la atención de las necesidades de desarrollo de software de la Universidad Técnica Particular de Loja inició en enero del 2015 y se mantiene hasta la fecha. Durante todo este proceso se ha modificado la aplicación de las metodologías ágiles como SCRUM y KANBAN, adecuándolas a obtener los resultados esperados en la universidad.

### 3 Terminología

**Workaround:** solución temporal que, si bien no soluciona el problema, sí que permite restaurar el Servicio cuanto antes [6].

**SLA (Acuerdos de Nivel de Servicio):** Es un acuerdo entre el proveedor de TI y un cliente. Un acuerdo de nivel de servicio describe los servicios de TI, documenta los objetivos de nivel de servicio, y especifica las responsabilidades del proveedor de

servicios de TI y el cliente. Un acuerdo único puede cubrir múltiples servicios de TI o varios clientes [7].

**Metodologías Ágiles de Desarrollo:** Las metodologías ágiles se centran en el factor humano y el producto software; es decir, ellas le dan mayor valor al individuo, a la colaboración del cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas [8].

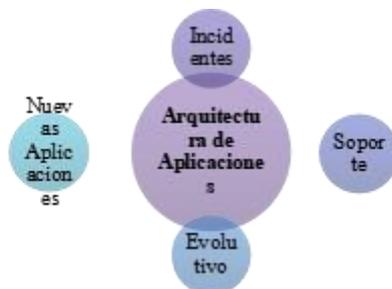
**Product Backlog:** La Lista de Producto es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto, y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio a realizarse en el producto. El Dueño de Producto es el responsable de la Lista de Producto, incluyendo su contenido, disponibilidad y ordenación [9].

**Historias de Usuario:** técnica utilizada para especificar los requisitos del software. Se trata de tarjetas de papel en las cuales el cliente describe brevemente las características que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales. El tratamiento de las historias de usuario es muy dinámico y flexible. Cada historia de usuario es lo suficientemente comprensible y delimitada para que los programadores puedan implementarla en unas semanas [8].

## 4 Modelo de Fábrica

### 4.1. Alcance de fábrica

En la Fig.1. se visualiza los componentes que son parte del alcance definido para la prestación del servicio a la Universidad Técnica Particular de Loja en el modelo de Fábrica de Software .



**Fig. 1. Alcance de la Fábrica de Software.**

**Incidentes:** se define como incidente a “interrupción no programada de un servicio que debe ser restablecido en el menor tiempo posible”, por ello la Fábrica de Software busca dar una solución temprana a los incidentes reportados por los usuarios finales de las aplicaciones. Cuando surge un incidente que requiere modificación del sistema, este se escala al frente de soporte, sin embargo previamente se propone un workaround, con el fin de dar una solución temporal y evitar la continuidad del incidente reportado.

**Soporte:** El objetivo principal de este frente es agilizar los modelos de desarrollo, a través de cambios que no necesariamente son nuevas funcionalidades, sino que son

cambios menores pero permiten la continuidad del negocio. Existen los siguientes tipos de mantenimientos:

- **Mantenimiento Correctivo:** Se realizan todos los ajustes necesarios para la resolución de los incidentes que requieren la intervención, desde el punto de vista programático), de la aplicación para su correcto funcionamiento [10].
- **Mantenimiento Preventivo:** Son todos los cambios a las aplicaciones que apuntan a mejorar el sistema para evitar su degradación. Dentro de algunas de las tareas a realizar en este frente se encuentran tales como: Mejoras en el rendimiento de procesos, disminución de la deuda técnica de la aplicación, entre otros [10].
- **Mantenimiento Adaptativo:** Es la modificación de la aplicación realizada después de la entrega para permitir que la misma siga pudiéndose utilizar en un entorno diferente [10].
- **Mantenimiento de Información:** Para las actividades del día a día de los usuarios, se requiere constantemente extracción y/o ajustes sobre la información de los sistemas para dar respuesta a las solicitudes del negocio [10].

**Evolutivo:** El objetivo principal de este frente es de evolucionar y/o adicionar nuevas funcionalidades que son necesarias para que el negocio evolucione. Se clasifica en dos tipos de solicitudes.

- **Express:** Los requerimientos Evolutivos express son aquellos requerimientos que por la situación de urgencia (legal, Negocio, etc) requieren estar rápidamente en producción y que sus dimensiones son considerables pequeños [10].
- **Evolutivos:** Son los requerimientos normales que buscan evolucionar la aplicación agregando funcionalidades o componentes que permitan generar valor a los usuarios y al negocio [10].

**Nuevas aplicaciones:** Con este frente se pretende dar un valor agregado a la Universidad ya que el objetivo principal radica en el desarrollo de nuevas soluciones informáticas que están por fuera del dominio inicial planteado para la fábrica y permitan cumplir con los objetivos estratégicos de la universidad.

**Arquitectura de Aplicaciones:** Este es un componente transversal que articula que requerimientos estén alineados a las políticas y estándares establecidos por la universidad, teniendo en cuenta las nuevas tecnologías.

Lo que se busca con esta capacidad es que se mantenga una gobernabilidad sobre los diferentes desarrollos que se inicien en la fábrica garantizando la homogeneidad arquitectónica establecida o estableciendo los planes para que se lleve a cabo. [10].

#### 4.2. Enfoque Metodológico fábrica

La metodología de inicio de una fábrica consiste en las etapas que se muestran en la Fig.2.



Fig. 2. Enfoque metodológico de fábrica.

#### 4.2.1. Que Diligencie

Esta etapa gestiona los primeros acercamientos con la universidad, donde se determina el equipo de trabajo, la comunicación entre equipos y talleres de adopción de las metodologías y herramientas ágiles a aplicar. Esta etapa es importante ya que es el punto de partida de la implementación del modelo de Fábrica de Software.

#### 4.2.2. Transición

En esta etapa el principal objetivo es recibir las aplicaciones y transferir los artefactos y conocimiento a la Fábrica de Software. Dentro de este proceso de transición se tienen dos etapas que se describen a continuación:

- **Recibir:** Esta etapa inicia con el empalme, el cual tiene como objetivo recibir las aplicaciones seleccionadas, recibir el código fuente, implementar sus ambientes de desarrollo en la fábrica -si es el caso- y realizar todas las actividades de transferencia y configuraciones requeridas con el objetivo de prestar los servicios expuestos en esta propuesta. A su vez se establecen las condiciones de infraestructura, ambientes, conectividad y todos los elementos de plataforma que sean necesarios para poder prestar el servicio, entre ellas tenemos: contexto del negocio, arquitectura, base de datos, integración, código fuente y montaje de ambientes [10].
- **Back Y Front:** Inicialmente la Fábrica de Software comienza con la atención de las aplicaciones en un esquema donde UTPL estará en el FRONT y la Fábrica de Software en el BACK. Para esta etapa la responsabilidad del servicio es de UTPL Posteriormente la Fábrica de Software continúa con la atención de las aplicaciones en un esquema donde la Fábrica de Software estará en el FRONT y UTPL en el BACK para soportar que todas las actividades se hagan de manera adecuada y se refuerce la transferencia de conocimiento. La responsabilidad del servicio es de UTPL. [10]

Se definen los entregables que la universidad debe entregar a la Fábrica de Software los cuales son: código fuente, componentes empleados por las aplicaciones, diseño de la solución, especificación de requisitos de software, guion de instalación en ambientes de desarrollo y pruebas (incluyendo un guion que permita probar la instalación), guías para el despliegue a otros ambientes de las aplicaciones,

documentación sobre errores conocidos para cada aplicación, y peticiones o Backlog (priorizadas).

Por otra parte los entregables de la Fábrica de Software para UTPL son: Acta de recepción y Ficha técnica de cada aplicación recibida.

Es importante mencionar que durante esta etapa se adecuaran los equipos de trabajo, procedimientos con la universidad, con el fin de ajustar los elementos necesarios para el cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS) y no se aplicarán penalizaciones por incumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS).

#### 4.2.3. Servicio

Esta etapa engloba la ejecución del alcance definido de la Fábrica de Software como son: incidentes, evolutivo, nuevas aplicaciones y soporte. También se propone inicialmente que metodologías ágiles se aplicaran como se muestra en la Fig.3.



Fig. 3. Aplicación de metodologías propuesta por la Fábrica de Software

**SCRUM:** es un marco de trabajo o Framework ampliamente aceptada para el desarrollo ágil de productos de software fundamentada en la teoría del control empírico de procesos, con enfoque iterativo e incremental orientado a minimizar los riesgos que se presenten [10].

Acorde con la teoría del control empírico de procesos, SCRUM se sostiene por tres pilares fundamentales:

- **Transparencia:** asegura que cada aspecto del proceso que puede afectar el resultado es conocido por todos los involucrados en el logro de ese resultado. Esto implica que no existen suposiciones (“creo que está hecho”) sin hechos (“eso ya está hecho”) [10].
- **Inspección:** Se debe mantener un control a partir de la inspección frecuente de los diversos aspectos de un proceso de forma tal que se puedan detectar a tiempo variaciones que afecten el resultado o que sea inaceptables. Esto facilita una respuesta rápida ante el cambio minimizando el riesgo que éste cambio origine [10].
- **Adaptación:** A partir de la inspección, el producto se debe adaptar rápidamente a los cambios detectados minimizando el riesgo y la desviación de esfuerzo [10].

En base a estos pilares, SCRUM implementa la metodología de ciclos iterativos cortos con la entrega de productos funcionales al finalizar cada iteración.

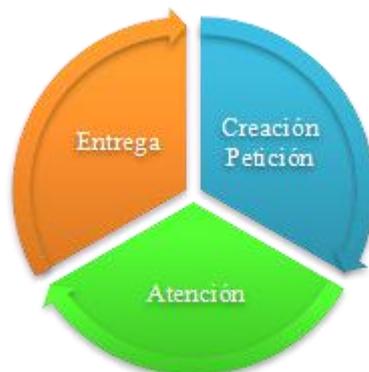
**KANBAN:** para la atención de incidentes se propone utilizar la herramienta KANBAN lo que permite solucionar de manera oportuna los incidentes que se presenten. Existen tres reglas principales de KANBAN las cuales se detallan a continuación:

- **Visualizar el trabajo en KANBAN y las fases del ciclo de producción, o flujo de trabajo:** Al igual que SCRUM, KANBAN se basan en el desarrollo incremental, dividiendo el trabajo en partes. Una de las principales aportaciones es que utiliza técnicas visuales para ver la situación de cada tarea. El trabajo se divide en partes, normalmente cada una de esas partes se escribe en una nota adhesiva y se pega en un tablero (el tablero KANBAN). Las notas adhesivas suelen tener información variada, si bien, aparte de la descripción, debieran tener la estimación de la duración de la tarea. El tablero tiene tantas columnas como estados por los que puede pasar la tarea (ejemplo, recibido, en atención, terminado, etc.) [10].
  - **Determinar el límite de “trabajo en curso”:** Una de las principales ideas del KANBAN es que el trabajo en curso (Work In Progress o WIP) debería estar limitado, es decir, que el número máximo de tareas que se pueden realizar en cada fase debe ser algo conocido. En KANBAN se debe definir cuantas tareas como máximo puede realizarse en cada fase del ciclo de trabajo (ejemplo, como máximo 5 incidentes “en atención”, como máximo 1 en pruebas, etc.), a ese número de tareas se le llama límite del “work in progress”. A esto se adiciona otra idea tan razonable como que para empezar con una nueva tarea alguna otra tarea previa debe haber finalizado. La idea es centrarse en cerrar tareas y no en comenzar tareas. Por ello limitar el WIP impide empezar cosas hasta que se han cerrado aquellas en las que se está ya trabajando. Los límites dependen del tamaño y capacidad del equipo de solución de incidentes [10].
  - **Medir el tiempo en completar una tarea:** El tiempo que se tarda en terminar cada tarea se debe medir, a ese tiempo se le llama “lead time”. El “lead time” cuenta desde que se hace una petición hasta que se hace la entrega. Aunque la métrica más conocida del KANBAN es el “lead time”, normalmente se suele utilizar también otra métrica importante: el “cycle time”. El “cycle time” mide desde que el trabajo sobre una tarea comienza hasta que termina. Si con el “lead time” se mide lo que ven los clientes, lo que esperan, y con el “cycle time” se mide más el rendimiento del proceso [10].

Se puede resumir que KANBAN permite visualizar el flujo de trabajo, limitar el WIP (Work in Progress, trabajo en curso) y medir el lead time y cycle time.

#### 4.3. Modelo General de Atención Del Servicio

**Soporte e Incidentes:** En la Fig.4. se muestra el proceso para la atención de requerimientos de soporte e incidentes.



**Fig. 4. Esquema de soporte e incidentes.**

**Evolutivo y Nuevas Aplicaciones:** La Fig.5. resume a nivel macro, las actividades y procesos involucrados en el ciclo de trabajo de cada una de las peticiones de desarrollo de software, mantenimiento, evolución y entre otras todas aquellas actividades, que para su ejecución se convertirán en una orden de servicios, la cual definirá alcance, entregables y se estructurarán como proyectos [10].



**Fig. 5. Ciclo de trabajo de peticiones de desarrollo de software.**

#### 4.4. Acuerdos de Niveles de servicio

En la Tabla 1. se presenta la clasificación de nivel de severidad de los incidentes de soporte de segundo nivel con los que se propone el servicio.

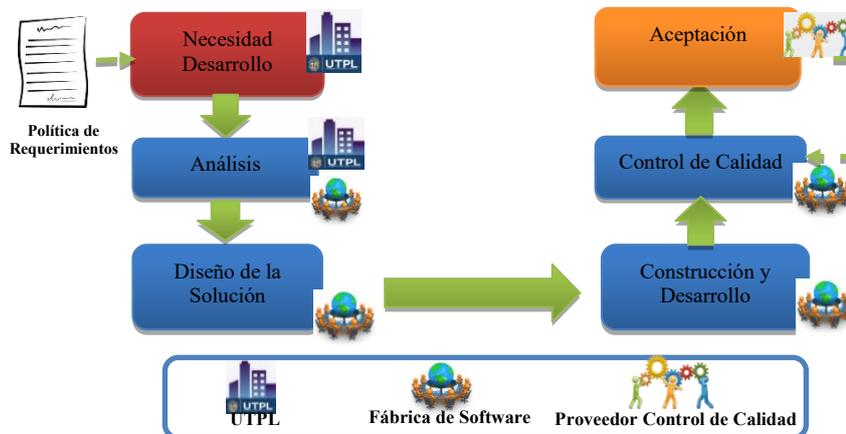
**Tabla 1. Descripción de Tiempos de resolución de incidentes [10].**

Nivel de Severidad	Definición	Tiempo de Solución
A –	Problemas críticos que ponen en riesgo el negocio y	6 horas

<b>Incidente Crítico</b>	no se identifica solución al problema. Incluye interrupción del sistema o pérdida de información. Problemas que afecten a los usuarios directamente y se debe dar atención inmediata.	
<b>B – Incidente Urgente</b>	No críticos pero importantes, son problemas de producción que no interrumpen la programación operativa y no están asociados con un alto riesgo.	12 Horas
<b>C – Incidente Importante</b>	Problemas que no afectan la operación normal del sistema pero que deben ser solucionados. Incluyen defectos menores o malos funcionamientos que afectan de manera menor la comodidad de los usuarios con el sistema.	24 Horas

## 5 Esquema de Ejecución

En la Fig. 6. se muestra el esquema de trabajo que actualmente se ejecuta con el equipo de fábrica de software, donde de forma general existen 6 etapas por las que todo requerimiento o proyecto de desarrollo de software atraviesa.



**Fig. 6. Esquema de ejecución con el equipo de fábrica de software.**

En este esquema existen 3 actores principales: UTPL, Fábrica de Software y proveedor de control de calidad, a continuación se describe cada uno de ellos:

- **UTPL:** se refiere al equipo de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información y a los funcionales internos solicitantes.
- **Fábrica de Software:** Se refiere al equipo de la fábrica de software conformado por: el gerente del proyecto, el SCRUM Master, arquitecto, ingenieros de desarrollo y líder de QA.
- **Proveedor de Control de Calidad:** Se refiere al equipo de control de calidad gestionado por la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información que ejecuta el proceso de aceptación de los requerimientos

entregados por la fábrica de software en ambientes que son réplicas de producción denominado preproducción, y está conformado por : Líder de QA y testers.

### 5.1. Etapas

En la presente sección se detallan cada una de las etapas descritas en la Fig. 6. que es el esquema de trabajo actual con el equipo de fábrica de software.

**a) Necesidad de Desarrollo:** Los requerimientos o proyectos son gestionados a través de la política institucional de requerimientos, donde existe un proceso de solicitud por el funcional y esta solicitud es aprobada bajo ciertos criterios y priorizada por el comité estratégico, sin embargo también existen requerimientos emergentes o de mantenimiento, el cual es priorizado por el comité técnico; en cualquiera de estos casos se notifica a la gerencia de la Unidad de Gestión de Tecnologías de Información y los requerimientos o proyectos son registrados en el listado de requerimientos general de UGTI.

Existe una persona del equipo de Soluciones de Negocios que es una sección de UGTI, que gestiona al equipo de la fábrica de software notificando los requerimientos priorizados y en conjunto con el SCRUM Master se coordina y se asigna un analista de la fábrica de software.

**b) Análisis:** Priorizado el requerimiento o proyecto, se asigna una persona del equipo de fábrica de software así como un analista técnico de la Unidad de Gestión de Tecnologías de Información el cual será de apoyo técnico para la fábrica de software.

De acuerdo a la política institucional se ha definido un concepto de triada donde todos los requerimientos o proyectos que son priorizados por comité estratégico deben pasar por un equipo denominado triada, el cual es conformado por el funcional o funcionales, un analista de procesos y un analista técnico, donde se realizan reuniones para modelar y realizar la especificación de negocio de la necesidad; esto genera un documento de especificación de requerimientos de negocio. En algunas ocasiones el equipo de fábrica ha sido vinculado desde esta etapa, de esta forma es involucrado directamente con el funcional para conocer los requerimientos de negocio.

Para los requerimientos emergentes o de mantenimiento el análisis se realiza con el equipo técnico de la Unidad de Gestión de Tecnologías de Información y el equipo de fábrica de software, con ello se pretende conocer la necesidad y verificar la factibilidad del requerimiento.

**c) Diseño de la Solución:** En esta etapa se realizan reuniones con el equipo de Arquitectura de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información, el cual aprueba la solución y el diseño definido por el equipo de fábrica de software que en conjunto con el arquitecto de fábrica buscan cumplir con los estándares y lineamientos arquitectónicos definidos por la universidad, con el fin de brindar soluciones idóneas para el funcional y que técnicamente sea implementado de forma correcta.

Con la aprobación del equipo de Arquitectura de UGTI y el analista técnico designado de UGTI, se procede a la elaboración de historias de usuarios, donde se plasma las necesidades y los criterios de aceptación, de una forma sencilla y fácil de entender, y finalmente se emite una estimación del esfuerzo por cada historia de usuario.

**d) Construcción y Desarrollo:** En esta etapa el gestor del equipo de la fábrica de software con el SCRUM Master definen cuantos desarrolladores van a ser asignados en base a la capacidad y fechas comprometidas de entrega. Es importante mencionar que en conjunto se define que metodología ágil de desarrollo se va a aplicar, esto dependerá de algunos criterios y en base a la experiencia con el modelo de fábrica de software se tiene una tendencia, la cual nos dice que para requerimientos emergentes o de mantenimiento se suele definir KANBAN, mientras que para proyectos cuya duración es considerable se suele definir SCRUM.

Cada una de las metodologías ágiles de desarrollo antes mencionadas han sido adecuadas a la realidad de la universidad, lo que nos ha dado muy buenos resultados.

**e) Control de Calidad:** Una vez desarrolladas cada historia de usuario el líder de QA de la fábrica de software, realiza el proceso de pruebas funcionales en un ambiente de calidad que UGTI ha destinado para su uso.

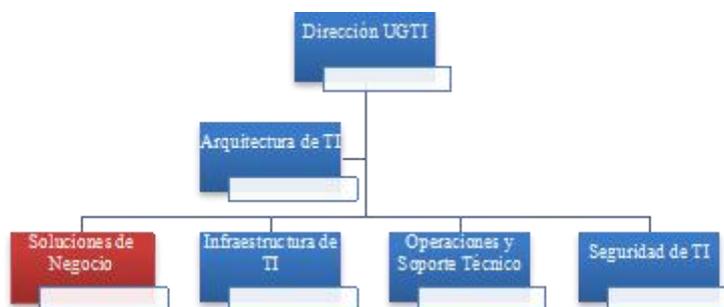
**f) Aceptación:** Cuando se certifica las historias de usuario son notificadas al gestor de la fábrica de Software y estas son desplegadas en los ambientes de preproducción para que el proveedor de control de calidad realice el proceso de aceptación de los requerimientos, este proceso consiste en verificar que lo solicitado ha sido implementado y que en un ambiente replica de producción no presente ningún bug.

## **5.2. Equipo de trabajo**

En esta sección se describen todos los equipos de trabajo que están involucrados para la implementación de los requerimientos de software y cómo interactúan entre sí.

### **5.2.1. Estructura de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información.**

En la Fig. 7, se detalla la estructura de la Unidad de Gestión de Tecnología de la Información.



**Fig. 7. Estructura UGTI.**

A continuación se detallan cada una de las funciones de forma general de cada sección de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información.

- **Soluciones de Negocios:** Este equipo se encarga de entender los requerimientos de nuestra universidad con la finalidad de identificar y planificar la implementación de soluciones tecnológicas que incrementen los niveles de productividad y gestión. Innovar a través del uso de nuevas tecnologías., operar y soportar la infraestructura de operación. Es importante mencionar que este equipo es que interactúa directamente con el equipo de fábrica de software.
- **Infraestructura de TI:** Gestionan la infraestructura de hardware, servidores y redes necesarias para soportar los servicios de tecnología que soportan los procesos de la universidad.
- **Operaciones y Soporte Técnico:** Su función es de soportar la Infraestructura Tecnológica y la operación de las aplicaciones dentro de los Niveles de Servicio definidos con las diferentes áreas de negocio.
- **Seguridad de TI:** Se encargan de Identificar, evaluar y monitorear los riesgos de tecnología y mantener ciclos de mejora continua que eleven los niveles de servicios de tecnología.

### 5.2.2. Equipo de Soluciones de Negocios

El equipo de la sección Soluciones de Negocios está conformado los siguientes perfiles que se muestran en la Fig.8.



**Fig. 8. Perfiles del Equipo de Soluciones de Negocios**

- **Coordinador Técnico de Soluciones de Negocios:** Coordinar la identificación, diseño y planificación de la implementación de las soluciones tecnológicas en función de los requerimientos de la universidad para soporte a los procesos académicos y de gestión, base a estándares y metodologías.

- **Analista de Negocio:** Identificar junto con el cliente interno de UTPL los requerimientos de negocio, proponer alternativas de solución y traducirlas a requerimientos técnicos, identificando la vinculación con otras áreas de la Universidad a fin de coordinar con los equipos correspondientes su implementación.
- **Administrador de Base de Datos (DBA):** Administrar y garantizar el correcto funcionamiento de las bases de datos a través de la implementación de controles que permitan asegurar su buen funcionamiento y disponibilidad.
- **Analista de Calidad:** Gestionar y coordinar la ejecución y cumplimiento de estándares, políticas y lineamientos de control y aseguramiento de calidad al software desarrollado o comprado para minimizar la presencia de errores que afecten a la operación de los sistemas.

### 5.2.3. Equipo de Fábrica de Software



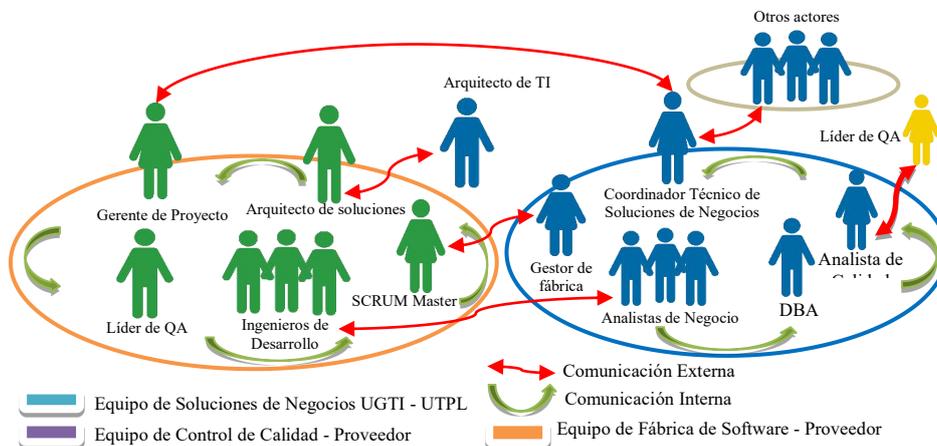
En la Fig. 9. se muestran los perfiles que conforman el equipo de Fábrica de Software.

**Fig. 9. Perfiles del equipo de Fábrica de Software**

Para la atención de los servicios por parte de la Fábrica de Software se plantean los siguientes perfiles:

- **Gerente de proyecto:** Responsable por la Gestión y el control del proyecto en conjunto con UTPL.
- **Arquitecto de soluciones:** El arquitecto es un colaborador del gerente del proyecto, pero enfocado en velar por la calidad técnica de los requerimientos que se implementen dentro de los servicios a prestar. Su responsabilidad es la de guiar y apoyar técnicamente al grupo de ingenieros asignados. También, tiene una gran responsabilidad en velar que los requerimientos cumplan con los delineamientos de arquitectura que sean definidos.
- **Ingeniero de Desarrollo:** Encargado de entender en profundidad los requerimientos, crear los artefactos de diseño e implementación de las funcionalidades siguiendo los lineamientos de arquitectura definidos por el Arquitecto.
- **SCRUM Master:** es una persona al servicio del equipo, vela principalmente por la aplicación de la metodología y ayuda al Product Owner en la gestión del Product Backlog.
- **Líder QA:** Realiza los escenarios de pruebas y los ejecuta, con el fin de detectar bugs, para su corrección con el equipo de desarrollo.

#### 5.2.4. Esquema de Comunicación entre Equipos



**Fig. 10.** Esquema de comunicación interna y externa. **Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la Fig.10, el equipo de Soluciones de Negocios como el equipo de Fábrica de Software se comunican, tanto internamente como externamente. Cada perfil en cada equipo cumple su función específica, de tal forma que la integración y comunicación entre equipos sea la correcta.

Para medir el correcto funcionamiento del servicio, se comunican directamente el gerente de proyecto y el coordinador técnico de soluciones de negocios, con el fin de encontrar puntos de mejora en el modelo de trabajo de la Fábrica de Software, así como dar seguimiento al cumplimiento de los acuerdos de nivel de servicio. Existen personas clave que coordinan el trabajo entre los equipos y se comunican bilateralmente, entre ellos tenemos el SCRUM Master que se comunica directamente con el gestor de Fábrica; ellos coordinan, planifican y dan seguimiento al trabajo que los ingenieros de desarrollo y los analistas de negocio van a ejecutar, también gestionan la resolución de impedimentos o reuniones de trabajo, desde la etapa de análisis hasta la etapa de aceptación (ver Fig. 6).

La comunicación entre el Arquitecto de TI y el Arquitecto de Soluciones es esencial, ya que en la etapa de Diseño de la Solución (ver Fig.6), el Arquitecto de Soluciones genera propuestas cumpliendo los lineamientos y estándares de arquitectura de UGTI, y estos son aprobados por el Arquitecto de TI.

Los ingenieros de desarrollo y los analistas de negocio, son asignados a requerimientos específicos, y se encargan de trabajar en conjunto de forma muy activa en la etapa de análisis (ver Fig.6).

El analista de Calidad gestiona directamente con el líder de QA, las pruebas de aceptación del producto entregado por la Fábrica de Software, ellos coordinan, planifican y dan seguimiento a la planificación del alcance de las pruebas definidas.

#### 5.3. Estrategia en la selección de metodologías ágiles

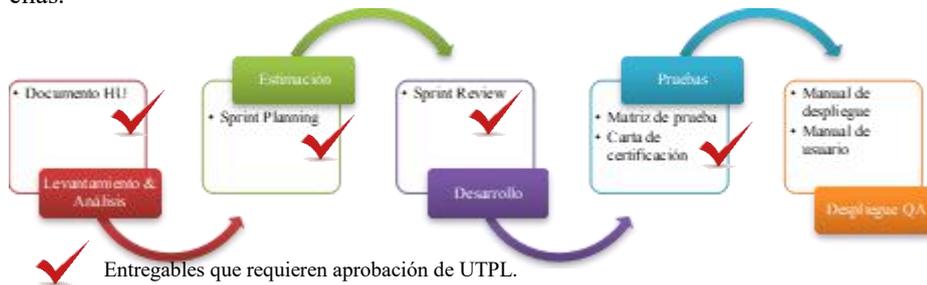
A continuación se detalla que criterios definen la selección y aplicación de metodología o herramientas ágiles para la implementación de los requerimientos que gestiona la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información a través del equipo de Soluciones de Negocios.

**KANBAN:** Se aplica la herramienta KANBAN cuando se identifican requerimientos de corta duración o bugs, en la Fig. 11. se visualiza las actividades principales y los entregables de cada una de ellas.



**Fig. 11. Actividades y sus entregables al aplicar KANBAN**

**SCRUM:** Para requerimientos con alcance no definido o cambiantes en el tiempo, en la Fig. 12. se muestran las actividades principales y los entregables de cada una de ellas.



**Fig. 12. Actividades y sus entregables al aplicar SCRUM.**

## 6 Resultados

Durante el año 2016 se han obtenido notables resultados aplicando el modelo de Fábrica de Software con el apoyo del proveedor de ese servicio y el equipo de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información de la universidad, evidenciándose así a través de los siguientes datos: se ejecutaron 6 proyectos institucionales, se implementaron 108 requerimientos globales y 11 sistemas fueron vinculados con estos desarrollos. A continuación en la tabla 2 se detalla cada uno de ellos:

**Tabla 2. Resumen de resultados con el modelo de Fábrica de Software en el año 2016**

<b>Proyectos Institucionales</b>	Postgrados (Admisión), Proyecto Pedagógico Institucional (Reestructuración de mallas), Ampliación de Servicios Estudiantiles (Reconocimiento de estudios fase3, Certificado Índice Mérito Graduado y Certificado Promedio de Notas), Seguimiento Integral al Estudiante (Control de porcentaje), Integración Datos y Sistemas y Reingeniería CEDIB.
<b>Sistemas Vinculados</b>	Sistema de Gestión Académico, Sistema Financiero Académico, BAAN, Registro de Asistencias (QR), Apolo (Planes Docentes), Evaluaciones Tradicionales, Evaluación al Docente, CEDIB, EVA, SIEC y Educación Continua.
<b>Requerimientos de TI para mejoras de mantenimiento.</b>	Pasarela Documental, Reglas de Negocio (ODM – ILOG), Reingeniería Registro Inscripción, Campañas de Captación (Registro y Financiero), Mejora de trazabilidad de errores , Generaciones masivas , Conciliación Automáticas, Integración Bancos (Bolivariano), Crédito Educativo Banco Loja, Componentes Integrados y Nuevo modelo de aranceles

### 6.1. Requerimientos atendidos

Con el equipo de trabajo de la Fábrica de Software se ha obtenido una media de 23 requerimientos de desarrollo de software que se ejecutan por mes, esto quiere decir que la Fábrica de Software atiende este número de requerimientos ya sea que inicien en la etapa de análisis, desarrollo o pruebas, como se puede visualizar en la Fig.13.



**Fig. 13. Número de requerimientos atendidos por la fábrica de software**

En la experiencia vivida se ha identificado que la capacidad de la fábrica y su uso efectivo dependen del conocimiento de negocio transmitido al equipo de desarrollo de fábrica y la selección de la metodología ágil de desarrollo.

### 6.2. Número de Incidentes

En la Fig.14. se muestra el número de incidentes que han sido reportados y corregidos desde el 2015 hasta el 2017, donde se evidencia el decrecimiento de la

cantidad de correcciones de incidentes, que son el resultado de la implementación del modelo de Fábrica de Software, lo que involucra la intervención de una visión arquitectónica integral y cumplimiento de estándares de calidad.



Fig. 14. Número de incidentes corregidos

### 6.3. Indicadores de calidad

Existen algunos indicadores de calidad que son medidos sobre los desarrollos realizados por fábrica en el Sistema de Gestión Académica, los cuales se detallan a continuación:

**Líneas de código:** Número de líneas de código físicas que contienen por lo menos una línea de código.

**API pública documentada (%):** Porcentaje de número de clases públicas + el número de funciones públicas + número de propiedades públicas, el API documentada ayuda a entender la funcionalidad de una clase o función.

**Líneas duplicadas (%):** Porcentaje de líneas duplicadas que existe en el código, el código duplicado requiere más esfuerzo y tiempo para solucionar bugs ya que se encuentran en muchos lugares.

**Deuda técnica ratio:** Indica el porcentaje de incumplimiento de las métricas anteriores que se deben corregir para que un proyecto cuente con una calidad aceptable.

Para que un proyecto tenga una buena calidad de código debe cumplir los siguientes porcentajes según el estándar definido:

- API publica documentada  $\geq 80\%$
- Líneas duplicadas  $\leq 10\%$
- Deuda técnica  $\leq 20\%$

En la tabla 3 se describen los tres indicadores de calidad y su porcentaje respectivo durante mayo del 2015 hasta julio del 2016, donde el indicador de API publica documentada no cumple con ser mayor o igual al 80%. El indicador de líneas duplicadas inicia con un porcentaje del 12,10% y disminuye en julio del 2016 a 10,00%. Finalmente la deuda técnica disminuye de 23,80% a 21,40%.

**Tabla 3. Indicadores de Calidad durante el año 2015 y 2016**

Indicador	Año 2015				Año 2016			
	Mayo	Junio	Julio	Octubre	Enero	Febrero	Junio	Julio
API pública documentada	64,50%	64,50%	64,70%	66,50%	66,80%	67,70%	64,80%	64,90%
Líneas duplicadas	12,10%	12,00%	11,80%	10,00%	9,90%	9,60%	10,80%	10,80%
Deuda técnica	23,80%	23,70%	23,50%	21,40%	21,30%	23,80%	21,50%	21,40%

En la tabla 4 se detalla el número total de líneas de código del Sistema de Gestión Académica durante mayo del 2015 hasta julio del 2016, donde se visualiza que inicialmente existen 358.099 líneas de código y a julio incrementa a 573.790 líneas de código.

**Tabla 4. Número de Líneas de código**

Indicador	Año 2015				Año 2016			
	Mayo	Junio	Julio	Octubre	Enero	Febrero	Junio	Julio
Líneas de Código	358.099	360.947	365.703	423.413	433.154	582.560	557.343	573.790

Es importante mencionar que a pesar del crecimiento considerado de líneas de código en el Sistema de Gestión Académica, disminuye el porcentaje de líneas duplicadas y la deuda técnica, esto permite evidenciar el cumplimiento de estándares de desarrollo en las implementaciones que la fábrica de software ha realizado.

## 7 Conclusiones

- Las metodologías ágiles de desarrollo son un marco de referencia y deben ser adecuadas a la realidad de cada institución, en el caso particular de la Universidad Técnica Particular de Loja se decidió utilizar los componentes de diferentes metodologías que generan mayor valor a la institución y permiten entregar un producto de forma ágil sin descuidar la calidad ni el cumplimiento de los estándares definidos. Esto permitió atender los requerimientos de forma más eficiente y con los criterios de calidad de los clientes internos.
- El número de incidentes reportados durante el año 2016 representa una disminución del 38% con respecto al año 2015, cuyos resultados nos permiten evidenciar la entrega de un producto con mayor calidad.
- La curva de aprendizaje y transición del conocimiento técnico de los sistemas asignados a fábrica así como de los principales procesos de negocio, ha ido decreciendo, gracias al apoyo del equipo técnico de UGTI, y la definición de estrategias como que el equipo de la fábrica de software durante el proceso de análisis trabaje en sitio, y participe directamente con los funcionales en el modelado de los requerimientos de negocio.

- Los indicadores de calidad evidencian que a pesar del incremento de líneas de código el porcentaje de líneas duplicadas disminuye considerablemente hasta el 10,80% por lo que decrece el esfuerzo y tiempo para solucionar bugs. Otro indicador de calidad del software es la deuda técnica, se obtuvo también una disminución de 2 puntos porcentuales aproximadamente, aunque no está dentro del rango aceptado se observa que la tendencia es optimista, esto permite reducir los sobrecostos operativos y de mantenimiento.
- La gestión de requerimientos a través de metodologías ágiles, permite extraer de los desarrollos de software el máximo valor para la universidad, facilitando la implementación eficaz de las estrategias de negocio.

## 8 Próximos Pasos

A continuación se enlistan los próximos pasos a realizar con el modelo de fábrica de software.

- Incrementar el alcance en los sistemas que son atendido con el equipo de la fábrica de software, lo que permitirá tener mayor cobertura de los sistemas satélites que también requieren adecuaciones o modificaciones.
- Incorporar procesos de mejora continua en base a los indicadores obtenidos que permitan generar resultados con optimización de los recursos empleados.

## Referencias

- 1 Universidad Técnica Particular de Loja, «UTPL,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.utpl.edu.ec/>. [Último acceso: 8 Junio 2016].
- 2 Universidad Técnica Particular de Loja, «Plan estratégico,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentos/PLAN-2011-2020-A.pdf>.
- 3 A. Fernández Martínez y F. Llorens Largo, «Gobierno de las TI para universidades,» de Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), Madrid, 2011.
- 4 P. Letelier Torres y E. A. Sánchez López, «Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software,» de Taller realizado en el marco de las VIII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, JISBD 2003, Alicante, 2003.
- 5 J. Garzás, «Javier Garzas,» 23 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.javiargarzas.com/metodologias-agiles>. [Último acceso: 21 Marzo 2017].
- 6 ServiceTonic, «ServiceTonic,» [En línea]. Available:

- <https://www.servicetonico.es/itil/itil-v3-gestion-de-problemas/>. [Último acceso: 15 Marzo 2017].
- 7 itService, Gestión de Servicios de Tecnología de la Información Fundamentos ITIL, Cali, 2014.
  - 8 A. Orjuela Duarte y M. Rojas C, «Las metodologías de desarrollo ágil como una oportunidad para la ingeniería del software educativo.,» Avances en Sistemas e Informática, vol. 5, pp. 159-171, 2008.
  - 9 K. Schwaber y J. Sutherland, «Scrum,» Julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-es.pdf>. [Último acceso: 15 Marzo 2017].
  - 10 Intergrupo, Propuesta Modelo de Fábrica, Quito, 2016.



## Caso de la Universidad de Costa Rica: Implementación de Software Libre, Código Abierto y Formatos Abiertos

Xiomara Céspedes Jiménez, Luis Loría Chavarría

Centro de Informática, Universidad de Costa Rica,  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica  
xiomara.cespedes@ucr.ac.cr, luis.loria@ucr.ac.cr

**Resumen.** El Centro de Informática (CI) de la Universidad de Costa Rica (UCR) creó el Equipo de Migración a Software Libre y Formatos Abiertos, este equipo surge como respuesta al mandato del Consejo Universitario que declara de interés institucional el uso, promoción, investigación para la personalización, desarrollo y enseñanza del Software Libre y formatos abiertos así como la integración en todas las áreas donde sea competencia la enseñanza y uso de las TIC.

Para cumplir con el mandato se creó un proyecto con un equipo de personas que plantearon y ejecutan la estrategia de trabajo aplicada en cada unidad universitaria con el objetivo de apoyar la migración hacia herramientas basadas en Software Libre y Código Abierto educando e implementando todo lo necesario para su adopción.

El objetivo del proyecto es impactar positivamente el quehacer universitario en todas sus actividades y miembros que la componen, donde los aspectos de independencia y soberanía tecnológica más la continuidad y preservación del acervo universitario son vitales.

**Palabras Clave:** Formatos Abiertos, Software Libre, Ofimática, Código Abierto.

**Eje temático:** El eje temático en el que se debe incluir el siguiente trabajo es en Soluciones TIC para la Gestión

### Introducción

Para comprender la envergadura del trabajo relacionado con la adopción e implementación de formatos abiertos para documentos y la utilización masificada de herramientas basadas en Software Libre y Código Abierto (SL/CA) en la Universidad de Costa Rica (UCR) se debe contar con un vistazo general sobre la institución, así las cosas, se debe tomar en consideración que la UCR es una universidad pública y está conformada aproximadamente por 40.580 estudiantes, 9.000 docentes y/o administrativos distribuidas en 6 sedes universitarias, 6 recintos y más de 40 centros e institutos de investigación, además de otras instancias ubicadas a lo largo del territorio nacional.

Desde la fundación en el año 1940 tiene principios que giran en torno a sus actividades sustantivas, a decir, docencia, vida estudiantil e investigación con impacto nacional e internacional y un compromiso social realmente importante, un dato que refleja esto es la cantidad de estudiantes becados, el cual supera el 50% de la población universitaria. La UCR cuenta con una de las mejores infraestructuras para

una institución académica universitaria en el país, distribuyendo conectividad de red e Internet en todas las instalaciones a lo largo de Costa Rica, un total de 626.370,16 m<sup>2</sup> de área constructiva y 8.455.354,69 m<sup>2</sup> <sup>80</sup> en total.

Se ofrecen más de 600 opciones académicas entre profesorado, diplomados, bachilleratos, licenciaturas y posgrados en sus 13 facultades. El financiamiento es básicamente gubernamental y ronda para el 2017 los \$554.237.740,00 según datos del sitio de transparencia y Gobierno Abierto institucional. La universidad se relaciona con otras universidades e instituciones dentro y fuera del país, ya sea por investigación, docencia, acción social, convenios de cooperación o relaciones meramente consultivas que van desde compartir experiencias académicas, hasta transferencias tecnológicas y proyectos conjuntos.

El presupuesto destinado para la compra de tecnología es administrado de forma centralizada por medio de la Comisión Institucional de Equipamiento (CIEq), la cual es una comisión recomendativa de la Rectoría. En la CIEq se analizan las solicitudes de presupuesto de toda la UCR en lo concerniente a equipo de laboratorio, cómputo, comunicación, multimedia y equipo educacional. A partir del 2005 también se le encargó lo relacionado con la aprobación, compra, control y distribución de software; inicialmente con un presupuesto de \$170.000 y que desde el año 2008 se incrementó paulatinamente hasta llegar en el 2017 a \$445.696,83, sin embargo, esos recursos son insuficientes para cubrir solicitudes anuales superiores al \$1.200.000<sup>81</sup> lo que se considera una cifra baja y errónea, debido a que las unidades académicas y administrativas cuantifican mal los costos del software solicitado, por ejemplo para una licencia de Adobe Premier se solicitan \$150 cuando su precio real es mucho más alta que ese costo. Un problema adicional, es la falta de inclusión de todo el software requerido, por ejemplo no se solicitan antivirus, ni paquetes de ofimática ya que se da por sentado su existencia y obtención.

## 2. El proceso de migración y actualización

Bajo este contexto la UCR utiliza herramientas TIC para todas sus actividades sustantivas, pero no se había regulado la utilización de herramientas ni formatos de archivos documentales, si no hasta que se dan varias circunstancias políticas desde la misma comunidad universitaria y sus grupos activos, donde destaca la Comunidad de Software Libre y Código Abierto de la UCR (CSLU CR) y el Centro de Informática, además de una coyuntura de consulta por parte de la Asamblea Legislativa (congreso costarricense) sobre el tema a la Universidad, es cuando en noviembre del 2008 el Consejo Universitario de la UCR, por medio de la gaceta número 43-2008, solicitó un estudio de factibilidad para la migración de la universidad hacia SL/CA. Este fue el primer indicio formal sobre el tema.

---

<sup>80</sup> Tomado de <http://www.ucr.ac.cr/acerca-u/ucr-en-cifras.html>, acá se consideran las áreas de reservas naturales y zonas de investigación.

<sup>81</sup> Este cálculo se hace con respecto al valor de mercado del software solicitado de forma individual.

Antes de esto la Universidad utilizaba SL/CA de una forma natural por cuanto era lo normal en términos de la tecnología utilizada, como por ejemplo, los servicios de correo electrónico, world wide web, DNS, caché de navegación e incluso pared de fuego en algunas facultades y escuelas. Sin embargo, esto no era visto o “palpado” por los usuarios finales o la jerarquía universitaria, tampoco en los procesos de investigación sobre TIC para las adquisiciones o desarrollos se tomaban en cuenta este tipo de software, el cual era visto por muchos informáticos de la universidad como una gran fuente de soluciones pero para otros como todo un mundo aparte y casi que esotérico.

En un esfuerzo conjunto de varios actores de la comunidad universitaria se generan diversos pronunciamientos del Consejo Universitario y de la Rectoría universitaria. Así las cosas, haciendo un recorrido concreto encontramos la resolución de la Rectoría R-289-2014<sup>82</sup> donde se cita textualmente *“El Consejo Universitario, que en la sesión ordinaria N.º 5574 del 13 de setiembre del 2011 declaró de interés institucional el uso, promoción, investigación para la personalización y desarrollo y enseñanza del software libre en la Universidad de Costa Rica y su integración en todas las áreas donde sea competencia la enseñanza y uso de las Tecnologías de la Información. En la sesión N.º 5606, del 09 de febrero de 2012 aprobó la propuesta de creación de una comisión institucional para la puesta en marcha de un plan de migración hacia el software libre (artículo 4). A este acuerdo se le da por tercera vez seguimiento en la sesión N.º 5723, artículo 4, del 16 de mayo de 2013, donde se le da un plazo a la Administración para la creación de una comisión institucional encargada de diseñar y poner en marcha un plan de migración hacia software libre en la Universidad de Costa Rica.”*[19]

El movimiento que la CSLUCR denominó “guerra de guerrillas” por cuanto el propósito de la comunidad fue propiciar una estrategia “botton – up” para la creación de comunidades de SL/CA en la sedes regionales de la UCR, respaldas de manera muy fuerte por la carrera del bachillerato en Informática Empresarial de cada sede. La estrategia utilizada para esto se basó en el desarrollo de actividades orientadas en tres enfoques:

- Culturalización: También llamada “evangelización” y se refiere a actividades introductorias en las cuales se desmitifica las creencias que existen acerca el SL/CA y el privativo, además de realizar demostraciones de interoperabilidad entre SL/CA y privativo. Las actividades se adecuan al tipo de público meta y se evita caer en tecnicismos y se trata de acercar la tecnología al usuario.
- Experimentación: El usuario interesado y sin mitos palpa la tecnología en talleres prácticos enfocados a una aplicación o herramienta específica. También, se realizan festivales de instalación donde cada usuario instala su propio equipo apoyado por un miembro de la SL/CA que le sirve de tutor y guía en el proceso.
- Profundización: Etapa final donde la persona profundiza en tópicos del

---

<sup>82</sup> Esta resolución modifica la Resolución R-254-2014: Directrices para la puesta en marcha del plan de migración a Software Libre en la Universidad de Costa Rica, del 16 de octubre de 2014.

SL/CA que le interesan, tal es el caso de un profesor de matemáticas que necesita especializarse en software estadístico y matemático. Acá tratamos de enlazar personas especialistas con los especialistas novatos.

Con estas dinámicas el movimiento se institucionalizó y se formalizó en la estrategia de migración.

## 2.1 Formatos abiertos, Software Libre y Código Abierto.

El impacto directo de estas políticas institucionales está aún en ciernes y como tal medir el impacto podría ser prematuro, sin embargo, ya se perciben los efectos en diversas aristas. Pero ahora bien, ¿Por qué realizar una migración hacia formatos de archivos de documentos abiertos? y ¿Por qué utilizar SL/CA de forma institucional? ¿Cuales herramientas TIC basadas en SL/CA se utilizarán?

Los formatos abiertos son estándares determinados por autoridades internacionales con el propósito de establecer normas para hacer el software y el contenido de los datos interoperable entre las diversas plataformas; los archivos creados bajo este formato pueden ser accedidos y procesados desde otras herramientas que tengan soporte para el mismo. A diferencia de los formatos cerrados o también denominados en nuestro medio como propietario, son desarrollados por compañías específicas que crean una herramienta de software específico, y solo ese software puede ser capaz de editar a la perfección el archivo y sus datos, además, suelen ser archivos o ficheros protegidos por el uso de patentes por lo que solo la compañía creadora está autorizada para utilizarlo e incluso puede solicitar regalías por el uso o implementación del formato de archivo en software de terceros sin garantizar que el resultado sea el mismo en términos de calidad y formato del contenido. En el caso de los documentos utilizados en ofimática, se cuenta con el formato ODF (Open Document Format) el cual es un estándar ISO internacional ISO/IEC 26300:2006 Open Document Format for Office Applications (OpenDocument) v1.0, desarrollada por la organización Oasis, consorcio sin fines de lucro que impulsa el desarrollo, la convergencia y la adopción de estándares abiertos para la sociedad global de la información.<sup>83</sup> Este formato cumple con las condiciones para ser llamado abierto definidas por varias organizaciones mundiales como es caso de Free Software Foundation Europe la cual señala cinco principios que todo formato abierto debe cubrir para considerarse como abierto, tomado de <https://fsfe.org/activities/os/def.en.html>, a decir:

*“An Open Standard refers to a format or protocol that is*

- 1. subject to full public assessment and use without constraints in a manner equally available to all parties;*
- 2. without any components or extensions that have dependencies on formats or protocols that do not meet the definition of an Open Standard themselves;*
- 3. free from legal or technical clauses that limit its utilisation by any party or in any business model;*

---

<sup>83</sup> <https://www.oasis-open.org/>

4. *managed and further developed independently of any single vendor in a process open to the equal participation of competitors and third parties;*
5. *available in multiple complete implementations by competing vendors, or as a complete implementation equally available to all parties.”*

La definición anterior sigue el mismo esquema que muchas otras planteadas por organizaciones internacionales y además se alinea con la visión de la UCR en términos de soberanía tecnológica.

Como una contraparte importante en este camino se encuentra el Software Libre y de Código Abierto, SL/CA, donde en términos prácticos son las herramientas de software que cumplen con las cuatro libertades definidas por la Free Software Foundation<sup>84</sup> y los diez criterios de la Open Source Initiative;<sup>85</sup> siendo los puntos más fuertes la posibilidad de estar disponible para cualquier uso, la libertad de copiar el software y donde se puede modificar adaptándolo según las necesidades de las organizaciones. Existen a partir de estas dos corrientes filosóficas del software muchas variaciones de licenciamiento que mantienen el espíritu de acceso al conocimiento, compartir lo que se hace y propiciar la soberanía tecnológica, aspectos fundamentales desde el punto de vista de la UCR.

Desde estas ideas y perspectivas la implementación de formatos abiertos documentales se nutre, ya que surge de la necesidad del acceso permanente a los datos e información que se genera y gestiona en la institución. Entre las razones de peso de esta definición institucional encontramos la posibilidad de no contar con las aplicaciones necesarias para accederlas de forma completa y justa, ya sea por qué el software se discontinuó o no existe otra herramienta que permita el trabajo completo con este formato propietario; otra razón considerable es la que se podría denominar como “*impuesto al conocimiento*”, esto quiere decir que un aplicativo o software cambia de versión y esto impacta directamente en el formato de archivos lo cual deforma de manera directa e inmediata el contenido de los documentos anteriores al abrirlos en la versión nueva, es decir, se actualizó sin considerar un proceso de actualización y migración paulatina o al menos metódica que garantice el resguardo de los datos; pero además no solo se afecta el formato, si no, que la manera de trabajar cambia drásticamente incidiendo en el diario vivir del usuario y su productividad creando necesidades de re capacitación sobre la misma herramienta en cada salto de versión, es decir se paga para reaprender lo que se logró conocer y desarrollar.

Es entonces que a partir del año 2007 se sintió más esta necesidad de actualización y migración hacia plataformas que incitan al empoderamiento tecnológico, ya que la empresa Microsoft implementó el cambio generando un gran impacto en la forma de trabajar en su herramienta más difundida, Microsoft Office, además de variaciones considerables en los formatos de archivos pasando del .doc a .docx por ejemplo; donde a pesar de ser del mismo fabricante y desarrollador en un periodo prolongado no se contaba con la compatibilidad necesaria entre los formatos de archivos para leer estos datos correctamente, es decir, un documento creado desde la versión reciente no podía ser leído desde la versión anterior, provocando problemas serios de compatibilidad, obligando a la adquisición de la nueva versión.

---

<sup>84</sup> Definición de Software Libre, <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>

<sup>85</sup> Definición de Código Abierto, <https://opensource.org/osd>

Así las cosas, se considera necesario establecer un formato estándar documental abierto en la Universidad de Costa Rica así de esta forma evitar este tipo de problemas y al mismo tiempo hacer uso de herramientas SL/CA que permitan utilizar estos estándares. Por lo cual en el año 2008 el Consejo Universitario de esta institución acordó solicitar a la Rectoría integrar esfuerzos para presentar en plazo de un año, una estrategia de trabajo integral para iniciar el proceso de migración a software libre y código abierto, comenzando por los programas para el trabajo de oficina. Desde allí se inicia todo un proceso político y regulatorio, ya descrito, que desemboca tres años después, 2011, con la declaración de interés institucional del uso, promoción, investigación para la personalización, desarrollo y enseñanza del SL/CA así como la adopción del formato documental ODF en la Universidad de Costa Rica, con el fin de integrarlo en todas las áreas de enseñanza y uso de las tecnologías de la información. Para el año 2012 se crea una comisión institucional encargada de diseñar y poner en marcha un plan de migración hacia SL/CA donde para acatar el mandato se crea en el Centro de Informática un equipo de personas de orden operativo interdisciplinario con habilidades en SL/CA, investigación, capacitación, documentación y atención a la persona usuaria, el cual nace en septiembre de ese mismo año.

## **2.2 Equipo de actualización y migración hacia SL/CA y formatos abiertos**

El proceso de conformación de este equipo se atendió de manera gradual al igual que los recursos que se poseen para financiarlo pasando de un tiempo completo contratado en el año 2012 a cinco tiempos y medio entre personal contratado y de planta en el 2016. Para este año 2017 se espera aumentar en un tiempo completo más contratado. Donde la participación de recursos y conocimientos provenientes del área de comunicaciones, educación, sociología e informática crean la interdisciplinariedad que facilita la relación con los usuarios universitarios.

Este equipo trabaja hacia dos grandes frentes: la ofimática y los servicios TIC. Ambos frentes deben atenderse sin embargo el enfoque principal de los primeros años fue la actualización y migración de las herramientas de ofimática esto por cuanto se debe impulsar la utilización del formato de documentos abierto, ODF, pero además representa este sector una dependencia TIC considerable en términos económicos y tecnológicos; además es una necesidad imperante de la institución la capacitación del personal en temas TIC. Es una labor masiva y desgastante por el volumen de datos, archivos y recurso humano que se debe atender, por lo que es prioridad del equipo desde el inicio.

Con respecto a los servicios TIC, estos tienen una naturaleza diferente ya que el personal que atiende estos recursos es limitado a los informáticos universitarios y el personal del mismo Centro de Informática los cuales forman una misma red de apoyo TIC desde donde se exponen problemáticas y son apoyados en la resolución por la misma red. Sin embargo, desde el año 2016 se inician labores más fuertes de investigación, asesoría y capacitación.

Ahora bien, el trabajo del día a día se versa sobre la ofimática para la cual un elemento fundamental del proceso de migración y actualización es el establecimiento de una metodología de trabajo para proceso en sí con las diferentes unidades

universitarias.

### 2.3 Metodología de trabajo en la actualización y migración de Ofimática Libre

La metodología planteada requiere de la participación de actores vitales como la Dirección de la unidad, las jefaturas administrativas, los informáticos de las unidades y por supuesto el equipo de trabajo en la migración y actualización; esta metodología se divide en las siguientes etapas, imagen 1:

- Reunión inicial con las Jefaturas: reunión con direcciones, jefaturas administrativas y RID<sup>86</sup> para la presentación de los objetivos y la metodología que se utilizará durante el proceso. Es un espacio para aclarar las dudas que puedan surgir con respecto al proceso.
- Acciones de comunicación: acciones que permitan informar a las personas sobre el proceso de actualización y migración, sus ventajas e importancia tanto para la Unidad como para la Universidad en general.
- Diagnóstico inicial: El RID se encargará de recopilar la información del diagnóstico inicial. Esta información permitirá conocer la situación actual con respecto a las aplicaciones, cantidad de equipos, condiciones para la migración, entre otros. Además se envía un formulario a personas de la unidad, para conocer las tareas que realiza con la herramienta de oficina y orientar las capacitaciones a las necesidades de los mismos.
- Charlas de sensibilización: con el propósito de generar un ambiente positivo para la actualización y migración a SL/CA, así como de discutir acerca de las dudas y observaciones que se tengan sobre el tema, se realiza una sesión de sensibilización sobre el uso del SL/CA.
- Instalación de las herramientas: en esta etapa se instalarán aplicaciones como Mozilla Thunderbird como gestor de correos y Libre Office; además de otras aplicaciones para trabajo cotidiano de ofimática.
- Capacitación al personal: el equipo de trabajo en la unidad establece las fechas de capacitación que contribuyen a la realización del proceso, estas se dividen en básica, intermedia y especializada.
- Periodo de pruebas: Durante un período comprendido entre 30 y 45 días, los equipos tendrán programas privativos y de SL/CA instalados al mismo tiempo con la idea de ir utilizando estos últimos paulatinamente. En este período las personas usuarias pueden reportar los problemas que han tenido y se atiende de forma personalizada.
- Desinstalación de la herramienta privativa: una vez finalizado el período de pruebas, se procede a desinstalar la herramienta Microsoft Office<sup>87</sup> por

---

<sup>86</sup> Cada unidad universitaria cuenta con la atención de una persona con capacidades en TIC la cual se le denomina en la jerga de la UCR como Recurso Informático Desconcentrado (RID), estas personas se ubican organizacionalmente dentro de la jerarquía de la unidad que atienden sin embargo se deben a las directrices, políticas TIC y apoyo técnico que la institución brinda a través del Centro de Informática.

<sup>87</sup> Se permite mantener la herramienta MS Office en aquellas máquinas en las que exista una justificación válida para mantenerse, por ejemplo: herramientas que requieren de las librerías de la misma para su buen funcionamiento específico. Estas situaciones se documentan y se brinda

ejemplo.

- Certificación: una vez concluida la etapa de desinstalación,<sup>88</sup> en aquellas máquinas en las que no se justifique mantener la licencia privadas se procede con la entrega de un certificado como “Unidad Migrada”.
- Evaluación: Cuando la Unidad haya recibido la certificación como Unidad Migrada, se realiza la evaluación del proceso, con el propósito de identificar factores claves de éxito de mejora del proceso, así como aspectos relacionados con las aplicaciones utilizadas, las capacitaciones realizadas y resultados en general de la migración.
- Seguimiento: a pesar de que las unidades han cumplido con las etapas anteriores siempre se les brinda la posibilidad de soporte.

---

seguimiento para migrar cuando sea posible.

<sup>88</sup> De al menos 90% de sus equipos computacionales.

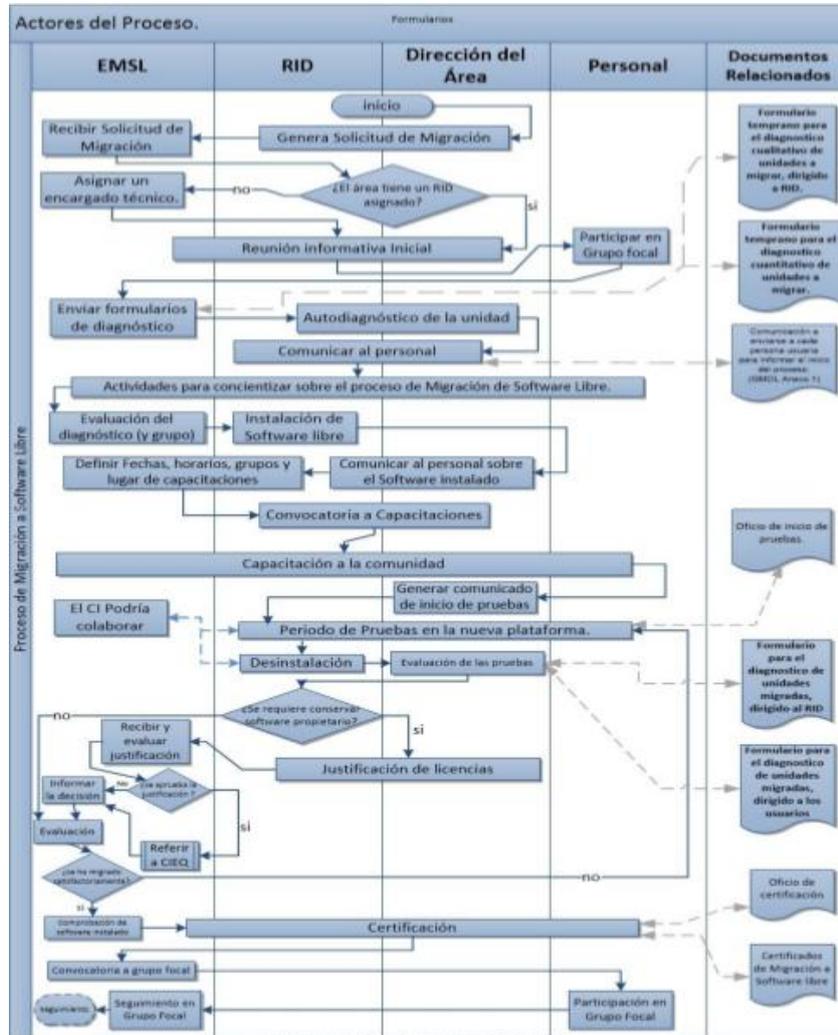


Fig. 1. Diagrama de flujo de SL/CA y formatos abiertos.

## 2.4 Aplicando la metodología de migración

Para contribuir en la aplicación de la metodología se creó un sitio web<sup>89</sup> en el cual se pueda poner a disposición el material elaborado, información del proceso, noticias sobre el mismo y diversas actividades en las que se participa; también se cuenta con un sistema para órdenes de servicio en atención de usuarios además la vía telefónica o por correo electrónico.

<sup>89</sup> [www.migracion.ucr.ac.cr](http://www.migracion.ucr.ac.cr)

Los materiales elaborados bajo licenciamiento Creative Commons<sup>90</sup> se encuentran a disposición de las personas usuarias, esta son: brochures informativos del proceso, manuales, guías y videotutoriales enfocados en el uso de herramientas como LibreOffice, Gimp y PSPP además del complemento para referencias bibliográficas Zotero. Pero el enfoque principal es en las capacitaciones presenciales, las cuales forman parte de la metodología de trabajo<sup>91</sup> y dependiendo del nivel de conocimiento en ofimática, se ofrecen 3 estructuras:

- Capacitación básica: Son 2 sesiones de 3 horas, en la que se adquieren los conocimientos básicos en procesador de texto, hoja de cálculo y presentaciones.
- Capacitación intermedia: Son 3 sesiones de 3 horas, en las que se ven temas un poco más avanzados en procesador de texto, hoja de cálculo y presentaciones.
- Capacitación especializada: la cantidad de sesiones depende de los temas, los cuales son aquellos ajenos a los temarios básico e intermedio por su nivel de complejidad o porque pueden variar según la unidad con la que se está trabajando.

También se ofrecen capacitaciones en herramientas específicas tales como GIMP, Kdenlive, Audacity, Inkscape, entre otras.

Cabe destacar que en los años 2014 y 2015 se implementaron cursos masivos abiertos en línea (MOOC - Massive Open Online Course) con el fin de poder brindar capacitación de forma virtual, al personal de las sedes y recintos de la universidad, los cuales se ubican en diferentes zonas del país, sin embargo, este también contó con la participación de personas que no tienen ninguna relación con la universidad, incluso de otras nacionalidades.

Otra forma en la que se ha aplicado la metodología es con la realización de investigaciones en diversas herramientas libres y de código abierto.

### 3 Resultados y retos del proceso

El proceso de actualización y migración ya presenta resultados así como la identificación de retos, ambos aspectos se deben considerar en esta labor de educar y concientizar sobre la temática donde los aspectos ideológicos son los fundamentales más allá de solo los aspectos técnicos como lo mostraremos en esta sección.

#### 3.1 Resultados

Hasta el momento de este artículo se han certificado como unidades migradas 46 instancias universitarias, Tabla 1, es decir se han completado un 18% de las unidades actuales. Estas instancias universitarias se encuentran ahora en la etapa de

---

<sup>90</sup> Creative Commons es una organización sin fines de lucro que permite el intercambio y uso de la creatividad y el conocimiento a través de herramientas legales gratuitos.

<sup>91</sup> Las capacitaciones se pueden impartir en cualquiera de las siguientes etapas, previo a la de capacitación, en caso de que la unidad cuente con la necesidad de reforzar algunos temas.

seguimiento, lo cual es importante ya que la migración no implica únicamente la certificación si no el trabajo diario de las instancias en una Universidad donde la rotación e ingreso de personal es usual, así que se debe brindar ese seguimiento.

**Tabla 1.** Resumen Unidades en proceso de migración y la etapa del proceso.

Unidades	Cantidad	%
Migradas - en soporte	46	18%
En proceso de migración	57	22,4%
Sin iniciar	152	59,6%

Fuente: Equipo de Migración a Software Libre y Formatos Abiertos

Como se puede analizar en la Tabla 1 el porcentaje por iniciar es superior al 50% donde allí se pueden ubicar unidades muy pequeñas con relación a la cantidad de personas que las componen, sin embargo es un número aún muy alto por abordar. El 22,4% de unidades en proceso implica unidades que tienen diversas características, por ejemplo unidades que cambiaron de Director y no están de acuerdo en el proceso es decir, se afecta el proceso por una decisión política. Pero también encontramos unidades que no han finalizado por obstáculos técnicos como hojas de cálculo que se elaboraron de forma compleja que en realidad funcionan como una base de datos o bien pasa con unidades que por su condición de relación laboral y de trabajo no pueden pasar a LibreOffice por lo que se están abordando solo desde la perspectiva de formatos abiertos para documentos.

La variabilidad de la cantidad de unidades por abordar es considerable de año a año ya sea por creación de centros de investigación o por análisis de las unidades y sus componentes organizaciones como el caso de la Vicerrectorías que están compuestas por muchas unidades u oficinas.

Sin embargo, dentro del esfuerzo realizado se identifican más de 170 grupos de capacitación con la participación de alrededor de 2020 personas entre docentes y administrativos en temas como LibreOffice, Writer, Calc, Impress, Gimp, Thunderbird e InkScape. Para este año 2017 se atenderá la atención de cursos específicos para estudiantes, esta iniciativa se brindará en coordinación con la Federación de Estudiantes de la UCR (FEUCR).

Pero las principales acciones que han desarrollado como parte de la metodología es realizar capacitaciones básicas, intermedias y especializadas aplicando la metodología en cada unidad y según las necesidades específicas de cada una, siempre respetando el proceso metodológico y cultura de la misma; en la Tabla 2 se muestra el grado de avance paulatino de capacitaciones año a año. Es importante indicar que el año 2016 fue año electoral para el Rector de la Universidad y esto trajo consigo retrasos y pausas en varias unidades a la espera del resultado de las elecciones, lo cual podría significar desde la perspectiva de esas unidades un cambio en las políticas institucionales al cambiar de Rector, por cuanto el actual es un líder que apoya estas dinámicas y cree en la soberanía tecnológica así como en temas de patrimonio universitario y la libertad que debe brindar las TIC a la institución, por ejemplo

durante la apertura del Primer Foro Institucional 2015, el Rector, Dr. Henning Jensen Pennington manifestó lo siguiente: *“Recientemente se divulgó que ocupamos el primer lugar en Hispanoamérica en lo que respecta al compromiso con el uso de software libre; reconocimiento que debe actuar como un estímulo para avanzar más en migración de programas, en la investigación y producción de código abierto.”* [13], de hecho el nombramiento del Director de TIC en la UCR se dio en buena parte por compartir esos valores profesionales y éticos además de sus capacidades técnicas y conocimiento en las TIC.

**Tabla 2.** Cantidad de personas capacitadas de forma presencial por año en LibreOffice y otras herramientas.

Año	Cantidad
2013	255
2014	387
2015	771
2016	546

Fuente: Equipo de Migración a Software Libre y Formatos abiertos

Además, como parte del aporte en educación y capacitación se realizaron Cursos Masivos en Línea denominados también MOOC sobre LibreOffice; estos cursos contaron con la participación de más de 1000 personas llevando el tema incluso fuera de las fronteras universitarias y nacionales. El problema con este método es la capacidad para atender la demanda que se tuvo en el momento, para este año 2017 se volverá a utilizar pero atendiendo los detalles y recursos para mejorarlos.

Toda esta fuerza en capacitación presencial y en línea se debe a una labor muy valiosa y tediosa, la elaboración de más de 80 guías didácticas o manuales sobre programas y aplicaciones específicamente, LibreOffice (ofimática), Gimp (edición de imágenes), PSPP (análisis estadísticos de datos), Thunderbird (gestor de correos) y Zotero (gestor para citas y referencias). Este material cuenta con prácticas y paso a paso de elementos puntuales por atender así como tópicos más generales. Todo está licenciado como Creative Commons y se encuentra en constante revisión y actualización para que esté disponible en el sitio web del proyecto tanto para las personas de la Universidad como para el público en general.

También se trabaja muy fuerte en la promoción y apoyo a la misma con la participación u organización de actividades masivas públicas tales como el Día de la Libertad del Software (Software Freedom Day), el Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre (FLISOL), el Día del Documento abierto o formatos abiertos (Document Free Day) donde se realizan conferencias, talleres y demostraciones sobre programas y aplicaciones SL/CA y formatos abiertos. También se han creado y propiciado espacios de debate o dirigidos a una audiencia específica como por ejemplo las Charlas sobre Tecnologías para el Conocimiento Libre (TECOL) las cuales son de índole mucho más técnicas. Siempre estas actividades son apoyadas, coordinadas o creadas desde el seno del proyecto pero con la participación constante

de personas que forman parte de la Comunidad de Software Libre de la Universidad y sus grupos.

En términos de comunicación y presencia en las redes sociales el equipo de actualización y migración realiza el trabajo de difusión, divulgación y culturización a través de los perfiles del Centro de Informática y la Comunidad de Software Libre de la UCR utilizando gráfica y videos diseñados y producidos por el recurso humano del proyecto.

El equipo de trabajo en la actualización y migración hacia SL/CA y formatos abiertos crea lazos de colaboración constante con los RID así como hacia los usuarios finales de modo que se atienden solicitudes de soporte de todos y de temas variados, incluso más allá de las herramientas que forman parte del conjunto básico del proyecto. Por ejemplo en el primer trimestre del 2017 se han atendido más de 120 soportes, los cuales incluyen consultas sencillas como temas de formato de documentos hasta temas más complejos que requieren investigación y desarrollo de alguna solución puntual.

Como parte de la evolución del proceso tal como se indicó anteriormente se ha iniciado en aspectos de investigación y desarrollo de soluciones entre ellas se pueden mencionar:

- Implementación del servicio MConf con la colaboración de CONARE y el personal técnico de RedClara. Trabajando ahora en la implementación del Colaboratorio de RedClara en la UCR.
- Apoyo al proyecto de Firma Digital Avanzada en la UCR, específicamente en ambientes GNU/Linux y LibreOffice.
- Edición de videos en ambientes SL/CA con Kdenlive.
- Comparativa de Bacula como herramienta para respaldos versus otras privativas.
- Gestión y automatización de procesos con ProcessMaker
- Formas de vincularse y apoyar proyectos de SL/CA
- Automatización de actualizaciones del software Libre Office
- Personalización del instalador de LibreOffice

Un aspecto de mucho valor desde nuestra perspectiva son las dinámicas de regionalización del proceso lo cual representa una perfecta alineación del mismo con las políticas institucionales que provocan e incentivan estas acciones. Por regionalización debemos indicar que el proyecto permea en las sedes regionales universitarias tanto en los procesos de migración como en las actividades y festividades que se impulsan. Esto ha permitido un alto nivel de participación de las regiones en el proceso de actualización y migración hacia SL/CA y formatos abiertos. La participación de los docentes y estudiantes de la carrera de informática en las sedes es clave en el avance de cada sitio donde incluso las sedes regionales son de avanzada con respecto a muchas otras unidades en la llamada sede principal, Sede Rodrigo Facio.

Con respecto al tema económico, esta iniciativa ha propiciado cambios importantes en la dinámica de inversión y gasto relacionado con el software en la Universidad. Se pasó de comprar licencias individuales a adquirir contratos grupales que atiendan las necesidades de toda la Universidad propiciando incluso el licenciamiento académico necesario para que docentes y estudiantes obtenga en software privativo y pago para sus equipos personales; estos contratos los hemos denominado como de "campus"

donde además se ha trabajado las relaciones con las empresas para lograr descuentos importantes. Todo esto es parte de la CIEq, donde los ahorros que se brindan en algunas plataformas se ha podido inyectar en otras e incluso en “campus” con vigencias más prolongadas y no solo de año a año. Bajo estas dinámicas es que el proyecto de SL/CA y formatos abiertos contribuye de forma significativa por cuanto la inversión en varias de las aplicaciones o plataformas privativas se han reorientado al pasarse a SL/CA, incluso en el mismo caso de la ofimática se logró pasar de un contrato para ocho mil licencias a tan solo mil, como número mínimo que se negoció con Microsoft. Este cambio de cantidades y de precios ha significado un ahorro considerable. Otras aplicaciones se han visto abordadas de esta forma como el caso de Adobe Photoshop el cual se ha atendido entre los usuarios básicos con Gimp, siendo entonces las licencias del software de Adobe solo para los usuarios que realmente lo requieren.

El proyecto de actualización y migración ha invertido los montos que se pueden visualizar en la Tabla 3 y en el Gráfico 1 para generar todo el proceso descrito.

**Tabla 3.** Inversión en proyecto de SL/CA y formatos abiertos

Año	Presupuesto invertido
2013	\$57.224,04
2014	\$36.690,87
2015	\$81.571,58
2016	\$106.346,42

Fuente: Unidad Administrativa y de Recurso, Centro de Informática, UCR.

Así entonces, lo asignado al proyecto se ha invertido en la contratación de profesionales, crear el material didáctico y promocional que se entrega en las charlas, ferias, redes sociales entre otras actividades como curso cursos especializados tales como:

- Plataformas GNU/Linux básica y Administración de servidores GNU/Linux
- Servidor de base de datos PostgreSQL básico y avanzado
- Desarrollo de sitios web con Drupal

Esta línea de capacitaciones se ha orientado para los RID y desarrolladores de software de las diferentes unidades académicas, esto como acciones de apoyo a la migración y actualización de las plataformas universitarias lo cual es otro de los objetivos del proyecto. En el gráfico 1 se puede observar la inversión en el proyecto siendo los años 2015 y 2016 los que más recursos obtuvieron para el desarrollo de actividades.

También se ha incentivado la participación en eventos y actividades de SL/CA externas a la UCR como parte del fortalecimiento de lazos con las comunidades de SL/CA y grupos activos desde donde se toman ideas e incluso expositores para talleres y charlas. De igual forma se ha participado activamente en los Encuentros Centroamericanos de Software Libre y Código Abierto (ECSL).

En contraposición la inversión y gasto en software propietario en el mismo periodo se puede ver en la Tabla 4 y el Gráfico 1 donde se comparan. La diferencia es clara, se nota que al invertir de forma organizada y orientada en renovaciones de plataformas tipo “campus” se ha logrado maximizar e incluso incrementar la inversión la mostrar la efectividad del trabajo en la CIEq la disminuir en algunas inversiones y pasar a otros esquemas.

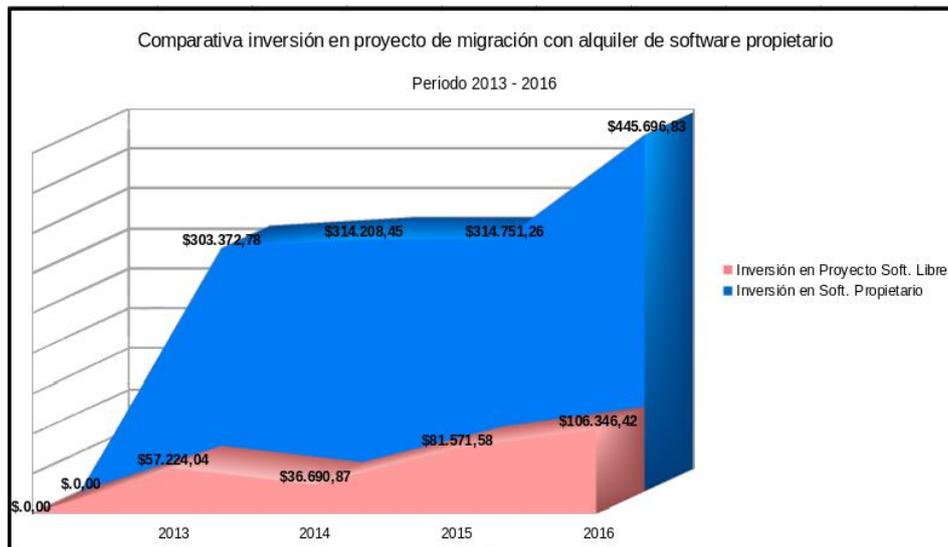
Ese aspecto no es único a considerar, el proyecto de SL/CA y formatos abiertos con una fracción del presupuesto realiza labores más allá de proveer software ya que educa y genera material didáctico, aspectos que ninguno de los contratos y licenciamiento que la CIEq gestiona posee. Por ejemplo el presupuesto del 2016 para el proyecto equivale al 23% del presupuesto de la CIEq siendo ese año un presupuesto excepcional, ya que en el 2017 se tiene \$44.235,26 es decir una reducción cercana al 62%.

**Tabla 4.** Inversión en software propietario periodo 2013 - 2016<sup>92</sup>

	2013	2014	2015	2016
Renovaciones	\$152.626,05	\$260.208,45	\$312.751,26	\$429.083,58
Software Especializado	\$139.413,81	\$54.000,00	\$2.000,00	\$16.613,25
Software Gourmet	\$11.332,92	\$0,00	\$0,00	\$0,00
<b>Total</b>	<b>\$303.372,78</b>	<b>\$314.208,45</b>	<b>\$314.751,26</b>	<b>\$445.696,83</b>

Fuente: Comisión Institucional de Equipamiento Institucional, UCR.

**Gráfico 1.** Comparativa de inversión en el proyecto de SL/CA y formatos abiertos



con el alquiler de software propietario.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2 Retos y recomendaciones

El proyecto por su naturaleza ha tenido muchos obstáculos y por esa misma razón planteamos recomendaciones y retos puntuales; entre los más importantes y

<sup>92</sup> Las renovaciones son contratos de licenciamiento bajo la modalidad “campus” ya mencionadas y por varios años. La categoría “Software especializado” se refiere a funciones y labores de grupos reducidos en la Universidad por ejemplo los paquetes completos de SPSS o Adobe para diseño y producción. Finalmente, el denominado “Gourmet” tiene que ver con un nivel de especificidad muy alto donde los usuarios son muy reducidos con licencias con un costo de también alto, como por ejemplo aplicativo de análisis genético.

preocupantes señalamos lo siguiente:

- Sostenibilidad del proceso: Mantener el proceso de cambio implica,
  - Recurso humano capacitado para llevar a cabo y mantener el proceso. El rol de los RID es vital en estas dinámicas, este recurso humano deben estar más y mejor capacitado.
  - Recursos económicos para el financiamiento de recursos materiales y humanos específicos y especializados. Con los recursos actuales no se logra avanzar al ritmo que se requiere, por lo que es necesario aumentar los recursos para disminuir la brecha.
  - Plan de desarrollo humano y capacitación del personal universitario, done el involucrado principal es la Oficina de Recursos Humanos (ORH) con la creación de incentivos y seguimiento del proceso educativo en las TIC donde se formalice un proyecto de educación continua en TIC para la Universidad.
  - Mejorar el seguimiento y personalización en los procesos de migración de cada unidad.
- Resistencia al cambio: Como todos los procesos de cambio existe resistencia, este fenómeno es normal, pero en el caso que nos compete se suma la falta de un programa de capacitación continua en TIC para toda la universidad por medio del cual se gestione la costumbre del cambio, aspecto constante en las TIC. Esa sería una de las estrategias para mitigar la resistencia además de una campaña constante basada en datos y procesos educativos que sea más potente que las acciones actuales.
- Respaldo institucional e involucramiento de los jefes universitarios: Si bien es cierto existen los acuerdos y políticas que propician y respaldan el proceso, se requiere el total involucramiento de los jefes universitarios, así como las personas que poseen liderazgo para este proceso; además de las oficinas y unidades involucradas por su naturaleza como por ejemplo la Contraloría Universitaria y la Oficina de Planificación Universitaria. Esto sólo se logra concientizando de forma personalizada y frontalmente a cada uno de ellos en los beneficios de aplicar estos cambios en el escenario TIC universitario. Una forma interesante de impulsar este punto es la obtención de más y mejores equipos computacionales en las unidades que están certificadas.
- Involucramiento de los docentes: Son pocos docentes que participan en los procesos no formales académicos, por lo que no comparten sus conocimientos en SL/CA que utilizan, así que se deben crear las estructuras, directrices e incentivos que propicien estas actividades.
- Poco conocimiento TIC: Se ha detectado altas deficiencias en los conocimientos y educación TIC entre varios sectores del personal universitario, esto se debe básicamente al abandono en términos de capacitación en TIC previo al 2012, la única forma de atacar esto es con la creación de proceso educativo interno que apoye las TIC y coordinado desde la ORH en conjunto con el Centro de Informática.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó con la información obtenida de los informes de labores presentados por el Equipo de Migración a Software Libre y Formatos Abiertos, además de la información brindada por la Unidad Administrativa y del Recurso, Comisión de Equipamiento, el Área de Gestión de Usuarios y Área de Investigación y Desarrollo, todas del Centro de Informática de la Universidad de Costa Rica .

También se le quiere brindar un especial agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma han sido actores importantes en este proceso de cambio.

## Referencias

1. Araya, K., Céspedes, X., García, S., Paniagua, F., Rodríguez, J.: La capacitación: un recurso vital y transformador en el proceso de Migración a Software Libre en la Universidad de Costa Rica (2016)
2. Canvas.instructure.com. (s.f). Definición del Código Abierto: Introducción a la Educación Abierta. Disponible en: <https://canvas.instructure.com/courses/813222/pages/definicion-del-codigo-abierto> [31 Mar. 2017].
3. Céspedes, X., Cubero, H., Gutiérrez, F., Herrera, R., Ochoa, L.: Guía Migración de Ofimática Libre en Unidades Académicas 2015 v2 (2015)
4. Céspedes, X., Loría, L.: Informe de la auditoría al Proyecto de Migración Institucional a Software Libre (2017)
5. Céspedes, X.: Informe de la migración 2016 (2017)
6. Céspedes, X., Colindres, J., Loría, L.: Inversión SL. (2016)
7. Creativecommons.mx. (s.f). Creative Commons México. Disponible en: <http://www.creativecommons.mx/> [11 Apr. 2017].
8. Es.libreoffice.org. (s.f). ¿Quiénes somos? | LibreOffice en español - el paquete de oficina por excelencia. Disponible en: <http://es.libreoffice.org/acerca-de/quienes-somos/> [30 Mar. 2017]
9. Free Software Foundation Europe. (s.f). Open Standards. Disponible en: <https://fsfe.org/activities/os/os.en.html> [31 Mar. 2017].
10. Gnu.org. (2001). ¿Qué es el software libre? - Proyecto GNU - Free Software Foundation. Disponible en: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.es.html> [30 Mar. 2017].
11. Loría, L.: CLEI 2008. Software Privativo, Software Libre y de Código Abierto: ¿Cuál es el camino para la Universidad de Costa Rica?. Argentina. Santa Fé. (2008).
12. Ochoa, L., Castro, A., Baltodano, E., Herrera, R.: Informe Migración Software Libre 2013 - 2015 (2016)
13. ODI, U. (2015). Rector reitera compromiso de la Universidad con Costa Rica. Diario Digital Nuestro País. Disponible en: <http://www.elpais.cr/2015/05/06/rector-reitera-compromiso-de-la-universidad-con-costa-rica/> [15 Apr. 2017].
14. openformats.org. (2010). Formatos abiertos y Formatos propietarios. Disponible en:

- <http://web.archive.org/web/20131016104619/http://www.openformats.org/es1>  
[30 Mar. 2017]
15. Siles, I.: "Por un sueño en red.ado una historia de internet en CR". Costa Rica. EUCR ISBN: 978-9968-46-072-9 Edición, 2008
  16. Universidad de Costa Rica. (2017). UCR en cifras. Disponible en: <http://www.ucr.ac.cr/acerca-u/ucr-en-cifras.html> [30 Mar. 2017].
  17. Universidad de Costa Rica. (2017). Transparencia. Disponible en: <http://www.ucr.ac.cr/transparencia/> [14 Apr. 2017].
  18. Universidad de Costa Rica. (2008). La Gaceta Universitaria: ÓRGANO OFICIAL DE COMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. Número 43 – 2008. Disponible en: [http://www.cu.ucr.ac.cr/uploads/tx\\_ucruniversitycouncildatabases/officialgazette/2008/g43-2008.pdf](http://www.cu.ucr.ac.cr/uploads/tx_ucruniversitycouncildatabases/officialgazette/2008/g43-2008.pdf) [14 Apr. 2017].
  19. Universidad de Costa Rica. (2014). Resolución R-289-2014 Directrices para la puesta en marcha del plan de migración a software libre en la Universidad de Costa Rica. Disponible en: [http://www.cu.ucr.ac.cr/uploads/tx\\_ucruniversitycouncildatabases/officialgazette/2014/a13-2014.pdf](http://www.cu.ucr.ac.cr/uploads/tx_ucruniversitycouncildatabases/officialgazette/2014/a13-2014.pdf) [14 Apr. 2017].



## **SESIÓN SOLUCIONES TIC PARA LA GESTIÓN**



## **Soluciones TIC para la Gestión de Procesos de Formación en Investigación: Caso Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín -Colombia**

Jackeline Andrea Macías Urrego<sup>a</sup>, Frank Euler Sepúlveda Vélez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Docente, Líder del proceso de formación en investigación, Grupo de Investigación Ciencias Administrativas, Facultad Ciencias Económicas y Administrativas, Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, Calle 73 No 76A - 354, Medellín, Colombia  
jackelinemacias@itm.edu.co

<sup>b</sup> Jefe de la Oficina de Automedición y Control en CTI, Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, Calle 73 No 76A - 354, Medellín, Colombia  
franksepulveda@itm.edu.co

**Resumen.** Este documento presenta cómo el desarrollo y la implementación de un software denominado sistema de semilleros de investigación, permite mejorar la gestión en los procesos y servicios, así como, el análisis de datos para apoyar la toma de decisiones efectivas para la gestión, además, de resolver la problemática de la integración de la información del proceso de formación en investigación hacia las otras áreas de la institución, también soluciona en un 90% el consumo o la impresión de papel apoyando las políticas internas de cero papel y permitiendo articularse con el sistema de gestión ambiental de la Institución, todo lo anterior impacta directamente la eficiencia y eficacia del ecosistema de formación en investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano de la ciudad de Medellín Colombia, posicionando el proceso como modelo de gestión y optimización de recursos para otras Instituciones de Educación Superior públicas y privadas.

**Palabras Clave:** formación en investigación, TIC, gestión de procesos, Institución de Educación Superior

**Eje temático:** Este trabajo se debe incluir en el eje temático Soluciones TIC para la Gestión.

### **1 Introducción**

El Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM es un establecimiento público autónomo de Educación Superior adscrito a la Alcaldía de Medellín-Colombia, el instituto como entidad descentralizada tiene como función administrativa prestar un servicio público cultural en los diferentes campos de acción de la educación superior, con fundamento en la excelencia de la investigación, la docencia y la extensión.[1] En este mismo sentido, su misión institucional establece que es una Institución Universitaria de carácter público y del orden municipal, que ofrece el servicio de educación superior para la formación integral del talento humano con excelencia en la investigación, la innovación, el desarrollo, la docencia, la extensión y la administración, que busca habilitar para la vida y el trabajo con proyección nacional e internacional desde la dignidad humana y la solidaridad, con conciencia social y ambiental.

El ITM, cuenta con una estructura orgánica definida para todos sus procesos misionales tales como la docencia, investigación, extensión e internacionalización, cada uno de ellos juega un papel preponderante en todo el desarrollo de la institución, para este documento se aborda la estructura de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión Académica, la cual dentro de su estructura cuenta con Oficina de Automedición y Control en Ciencia, Tecnología e Innovación, quien se encarga de realizar la gestión interna del proceso de Investigación Formativa y Formación en Investigación.

Para este último se detectó la necesidad de tener un sistema de información, que permitiera gestionar, monitorear, controlar y realizar seguimiento de más de 2.000 actores que intervienen en el proceso entre ellos se encuentran estudiantes, docentes, administrativos, egresados y público de otras instituciones externa, incluyendo planes de acción, actividades, productos y sistema de control documental, esto teniendo en cuenta la integración con los diversos sistemas de información (softwares) implementados en otros procesos, con el fin de tener una información homogénea y una integralidad de los datos y de la información.

De acuerdo a lo anterior, se diseña, estructura, desarrolla e implementa un sistema denominado “sistema de semilleros de investigación”, el cual se expone en este documento alguno de los aspectos representativos tanto de su desarrollo como de la implementación, el cual está permitiendo el análisis de datos para apoyar la toma de decisiones efectivas para la gestión, además, de resolver la problemática de la integración de la información del proceso de formación en investigación hacia las otras áreas de la institución, también soluciona en un 90% el consumo o la impresión de papel apoyando las políticas internas de cero papel y permitiendo articularse con el sistema de gestión ambiental de la Institución, todo lo anterior impacta directamente la eficiencia y eficacia del ecosistema de formación en investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano de la ciudad de Medellín Colombia, posicionando el proceso como modelo de gestión y optimización de recursos para otras Instituciones de Educación Superior públicas y privadas.

## **2 Solución TIC para el proceso Formación en Investigación**

Antes de realizar el diseño, estructura, desarrollo y posterior implementación, inicialmente, se tuvo en cuenta algunos textos de referencia sobre la importación de la aplicación de las TIC –Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; aunque se partió de una necesidad se necesitaba conocer desde la teoría qué importancia le daban algunos autores a dicha implementación en las organizaciones, encontrando las siguientes: las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) han producido una importante evolución en la economía del mundo, desde la segunda mitad de la década de 1990, en la cual el aumento del uso de estas herramientas de la información y la comunicación como el internet y los sistemas de información, se han incrementado ostensiblemente, dentro de los países y empresas como parte esencial de los procesos de internacionalización e integración económica.

Por consiguiente, las organizaciones en este caso para las Instituciones de Educación Superior desempeñan un papel fundamental como generadoras de conocimiento, y como agentes de estabilización social y fuentes de innovación y producción. Es por lo anterior, que las TIC se vuelven esenciales para la toma de decisiones y el desarrollo productivo de las empresas, la aplicación de herramientas tecnológicas articuladas inteligentemente seguidamente de un aprovechamiento eficiente de los equipos, pueden ayudar a generar un impacto positivo internacionalmente y gestionar el conocimiento en la organización. De ahí que la universidad debe estar a la vanguardia en el proceso y manipulación de información para optimizar el valor agregado que puede generar un posible egresado al sector productivo. [2].

Para comprender el contexto se analizaron diversos artículos científicos, blogs, sitios de tecnología, se indagó en otras Instituciones de Educación Superior si contaban con desarrollos o sistemas que les permitieran gestionar adecuadamente el proceso de formación en investigación encontrando que actualmente, de las instituciones universitarias de la ciudad de Medellín, ninguna contaba con sistemas que les brindaran soluciones reales para la necesidad detectada.

Por consiguiente, como segundo paso, los líderes del proceso de formación en investigación del ITM, iniciaron un reconocimiento histórico del proceso, encontrando y detectando a plenitud la necesidad, una vez se tenía el objetivo claro, se inicia con la primera fase del proceso el levantamiento de requerimiento para los ingenieros de sistemas, el equipo de trabajo estuvo conformado por dos profesionales que lideran el proceso y dos ingenieros de sistemas altamente calificados para el desarrollo del sistema, las sesiones de trabajo para el levantamiento de la información duraron aproximadamente un (1) mes.

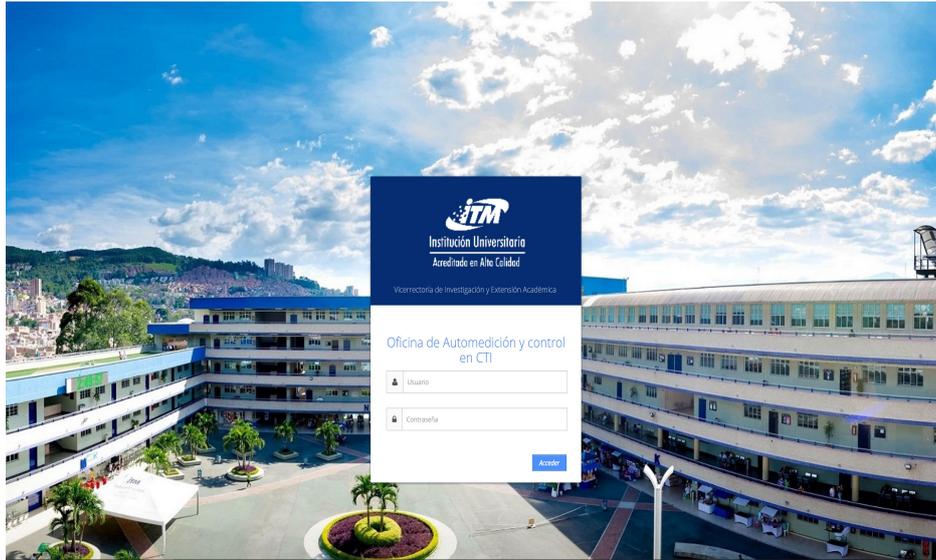
Posteriormente, una vez se tenía claro los requerimientos del sistema, la segunda consistió en establecer todo el componente de procedimientos, formatos, e instructivos del proceso, esto con el objetivo de estar articulados con el sistema de gestión de la calidad de la institución, dicha actividad tuvo una duración de un (1) mes. Ya en la tercera fase consistió en el desarrollo del sistema, el mismo fue desarrollado con tecnología Microsoft, específicamente .Net Framework 4.5 o superior, lenguaje de programación C#, integración con bases de datos SQL utilizando SQL SERVER 2008-2012, Reporting Services, Microsoft Power HTML5, JavaScript, jquery y css3 a través del Framework Bootstrap, lo cual permitió la integración de este nuevo sistema con las plataformas que implementa la institución en otras áreas.

Esta fase tuvo una duración de cuatro (4) meses, la versión beta del software denominado “sistema de información para semilleros de investigación”, esta versión inicial, conto con la validación de aproximadamente 66 personas, en donde una vez se validó la funcionalidad, coherencia, accesibilidad, integridad, seguridad del mismo, se procedió a realizar los ajustes sugeridos por los actores y una vez terminada la segunda validación después de los ajustes, se procede a realizar la cuarta fase de migración del histórico de la información.

Dicha actividad tuvo la dedicación de 5 personas, las cuales se encargaron de migrar la información que se encontraba física de más de 5000 datos de historia desde el periodo 2013 al 2015, donde el objetivo era concentrar toda la información en el sistema, para así generar trazabilidad y confiabilidad en los datos y estadísticos que se fueran a emitir desde el proceso hacia el público interno y externo.

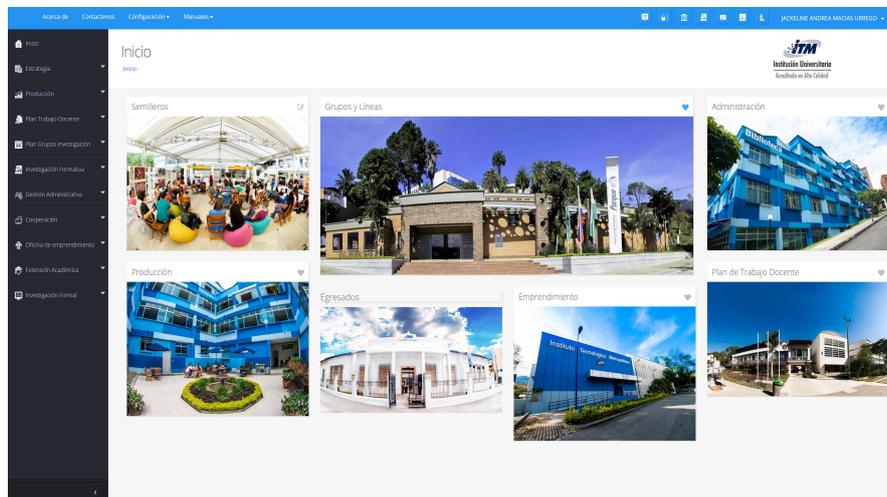
Finalmente, en la quinta fase se realizó la implementación del sistema por parte de todos los actores del sistema, a continuación, se podrá evidenciar cual fue el resultado del desarrollo del software:

Ingreso al portal



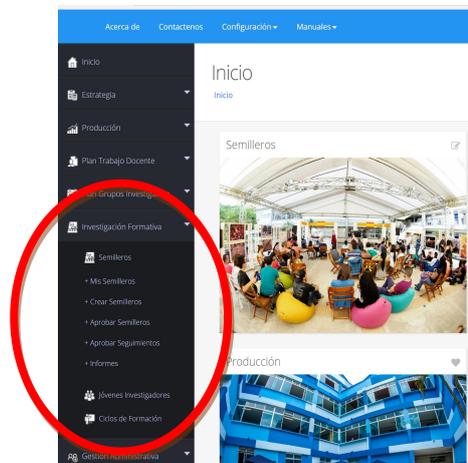
**Fig.1.** Se puede visualizar el portal de ingreso al sistema, en donde cada uno de los actores del sistema tiene sus usuarios y contraseñas para realizar el acceso al mismo. [3]

Portal de inicio



**Fig.2.** Una vez los usuarios ingresan al portal se encuentran con un ambiente del sistema agradable visualmente, que les permite identificar el tipo de información a la cual pueden acceder del proceso.

### Menú de Formación en Investigación



**Fig. 3.** En esta figura se puede apreciar el menú desplegable del contenido del sistema de información de investigación formativa que le permitirá a los actores del sistema realizar diversas acciones a través de la plataforma.

Visualización de entes administradores del proceso.

Codigo	Semillero	Tutor	Cedula	Semestre	Estado	Ver	Informe Acta
SMH023	Identidad Cultural aplicada al diseño de producto	MIGUEL ANGEL PRADA MUÑOZ	7946997	2014-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH023	Identidad Cultural aplicada al diseño de producto	MIGUEL ANGEL PRADA MUÑOZ	7946997	2014-2	Activo (Acta aprobada)		
SMH0202	Acción Vida	OLGA LUCIA LARREA SERNA	4281103	2015-1	Creado		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2015-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2015-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2015-2	Seguimientos Aprobados		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2015-2	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2015-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2014-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2013-2	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2013-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2013-2	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2013-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH001	Acorté	MIGUEL VARGAS FERNANDEZ	8161035	2011-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH0E12	Aerodinámica	LUIS FERNANDO CARDONA SEPULVEDA	112024459	2015-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH0E12	Aerodinámica	LUIS FERNANDO CARDONA SEPULVEDA	112024459	2015-1	Activo (Acta aprobada)		
SMH0E12	Aerodinámica	LUIS FERNANDO CARDONA SEPULVEDA	112024459	2015-2	Seguimientos Aprobados		

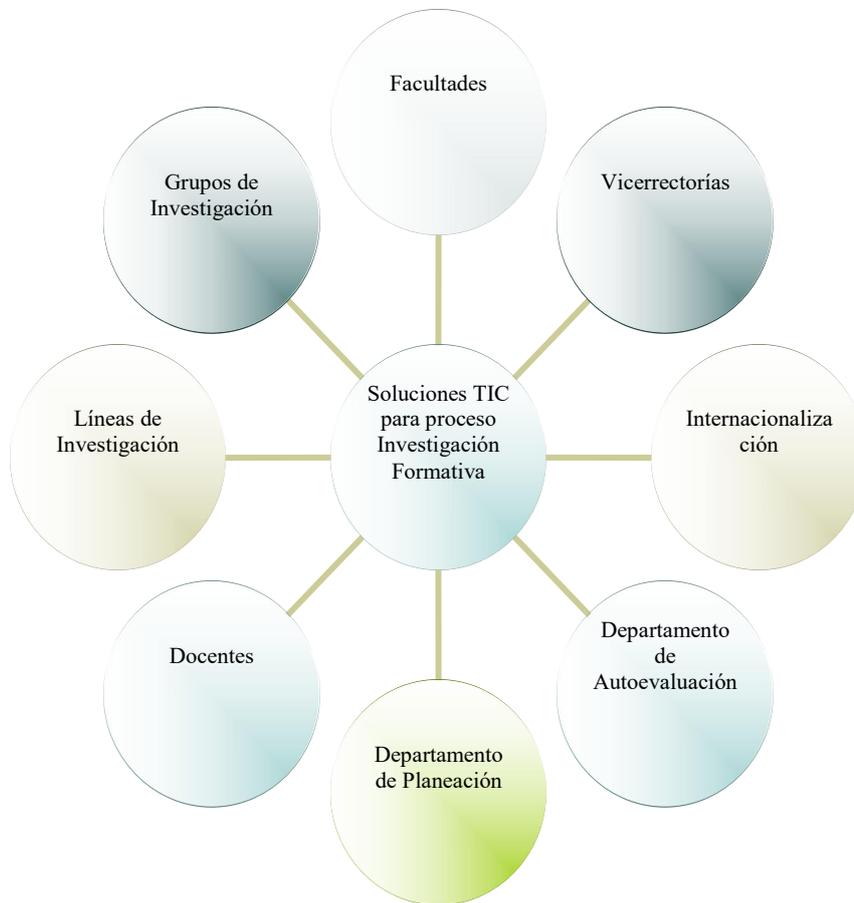
**Fig. 4.** Cada uno de los actores del proceso cuando ingresan con su usuario y contraseña el sistema les muestra para su rol o perfil la información necesaria correspondiente a los permisos concedidos, es por esto que también se protege la integridad de la información algunos pueden ingresar y modificar datos, otros solo pueden visualizar y generar estadísticas de la información que requieren.

**2.1. ¿Quiénes se consideran actores del proceso? y ¿Qué acciones pueden llevar a cabo de acuerdo a sus roles?**

<p style="text-align: center;"><b>Ingenieros de Sistemas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tienen acceso como súper administradores</li> <li>•Dan soporte operativo a la plataforma</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Administrador del Proceso Investigación Formativa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tiene acceso como súper administrador</li> <li>•Realiza seguimiento y monitorea de la información ingresada</li> <li>•Genera informes</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Tutores Semilleros de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tienen acceso para ingresar información</li> <li>•Acta de conformación</li> <li>•Seguimientos</li> <li>•Integrantes</li> <li>•Evaluación del proceso</li> <li>•Pueden tener estadísticos y datos que necesitan</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Decanos, Líderes de Grupo, Líderes de Línea</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Tiene acceso como validadores y son quienes aprueban la información ingresada por los tutores de los semilleros</li> <li>•Solo visualizan la información</li> <li>•Pueden generar con la información informes que requieran para las acciones institucionales</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Vicerrectores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Visualizan información</li> <li>•Pueden generar con la información informes que requieran para las acciones institucionales</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Jefes de Departamentos o Programas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Visualizan información</li> <li>•Pueden generar con la información informes que requieran para las acciones institucionales</li> </ul>

Estos actores pueden tomar decisiones con la información que les arroja el sistema, al sistema se le incorporo un paquete de softwares denominado DevExpress, que permiten que los usuarios del sistema puedan emitir todo tipo de reportes, informes que necesiten para sus actividades, generando que los datos sean confiables, para todos los actores, además de la emisión de información en tiempo real.

## 2.2. ¿Qué procesos se ven impactados dentro de la Institución por la Implementación de la solución Tecnológica?



### 2.3. ¿Qué acciones permite llevar a cabo la solución TIC implementada?

- Análisis de los semilleros de investigación existentes y sus áreas de conocimiento o temáticas de trabajo, fortalezas y trazabilidad de la información.
- Perfiles académicos de los jóvenes participantes de los semilleros de investigación, con antigüedad.
- Identificación de escenarios de formación para los estudiantes del ITM con relación a la demanda del sector productivo.
- Análisis de la producción académica de los estudiantes con relación a su proceso de formación académico-investigativa
- Identificación de género en las diferentes áreas de conocimiento para desarrollar estrategias para fomentar la participación de las mujeres en los procesos ingenieriles.

- Identificación de perfiles de jóvenes científicos en los semilleros de investigación a partir de los resultados de los análisis multivariados de las diferentes fuentes de información.
- Informes para la creación de programas y la renovación de registros calificados.
- Informes para visitas nacionales e internacionales proporcionando filtros de acuerdo a las necesidades.
- Toda la información concerniente para públicos internos y externos en tiempos reales.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto Tecnológico Metropolitano por los aportes a la realización de este trabajo.

## Referencias

1. Sorza, L., Castrillon, Luz. Montoya, N.: Notas estados contables. 2015 [cited 2015 04]; Available from: [http://www.itm.edu.co/Data/Sites/1/SharedFiles/Administrativo/balances/2015/NOTAS\\_A\\_LOS\\_ESTADOS\\_CONTABLES\\_A\\_FEBRERO\\_28\\_DE\\_2015.pdf](http://www.itm.edu.co/Data/Sites/1/SharedFiles/Administrativo/balances/2015/NOTAS_A_LOS_ESTADOS_CONTABLES_A_FEBRERO_28_DE_2015.pdf).
2. Ueki, Y., M. Tsuji, and R.C. Olmos, Tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) para el fomento de las pymes exportadoras en América Latina y Asia oriental, in Documentos de proyectos, N.U. CEPAL, Editor. 2005.
3. ITM. Medellín, Sistema de Semilleros de Investigación, <http://amcti.itm.edu.co/Inicio.aspx>



## **Distribución del Material Bibliográfico Electrónico a los estudiantes de la Modalidad de Educación Abierta y a Distancia de la Universidad Técnica Particular de Loja**

Paula Mercedes Alvarez Carrión, Jorge Eduardo Guamán Jaramillo, Carlos Gabriel Córdova Erreis

Dirección de Operaciones, Dirección de Tecnologías para la Educación, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n Loja – Ecuador,  
[pmalvarez@utpl.edu.ec](mailto:pmalvarez@utpl.edu.ec), [jeguaman2@utpl.edu.ec](mailto:jeguaman2@utpl.edu.ec), [cgcordova@utpl.edu.ec](mailto:cgcordova@utpl.edu.ec)

**Resumen.** La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) de Ecuador, es una institución de educación superior que oferta carreras de grado y posgrado en las modalidades de Educación Presencial; y, Abierta y a Distancia, esta última, se oferta en 83 centros asociados, distribuidos a lo largo del territorio ecuatoriano y 4 centros a nivel internacional (Nueva York, Bolivia, Roma y Madrid). Actualmente cuenta con aproximadamente 37.000 estudiantes en sus dos modalidades, 30.000 de ellos se forman a través de la Modalidad Abierta y a Distancia<sup>93</sup>.

La UTPL, como parte de un proceso de innovación tecnológica, desde el año 2013, inicia el cambio en la gestión de distribución y entrega de material bibliográfico, desde un modelo de distribución de libros impresos hacia un modelo de libro electrónico e-Book, que permite a los estudiantes acceder a los contenidos bibliográficos necesarios para su formación académica [1].

El modelo contempla varios componentes que articulan la solución: Plataforma para la descarga del Material Bibliográfico Electrónico - MBE, dispuesta en modalidad Cloud-SaaS, las Editoriales que gestionan la carga del MBE a la plataforma de descarga, los servicios de integración con los sistemas de UTPL que administran las reglas de negocio para la entrega del MBE, Mesa de Servicios Tecnológicos para estudiantes con e-books, que brinda el soporte técnico a los estudiantes, y los Dispositivos Electrónicos (tabletas, computadores, etc.) que permite el despliegue y lectura del MBE. Así mismo, la universidad paralelamente entrega a los estudiantes, una beca de acceso tecnológico, que financia el 100% del costo de un equipo tablet, incentivando el uso de la tecnología para el aprendizaje. Hasta la fecha se han beneficiado 31.890 estudiantes con la entrega de dispositivo tablet, lo que ha permitido facilitar el acceso al MBE y demás servicios que la universidad pone a disposición de la comunidad universitaria.

**Palabras Clave:** Material Bibliográfico Electrónico, Dispositivo Electrónico, Servicio Web, Sistema Académico, Plataforma de descarga automática de libros electrónicos, Sistema de autenticación y autorización, Sistema de Distribución Bibliográfica, DRM, m-learning, e-Book.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Gestión.

### **1. Introducción**

Hay que mirar a la educación como el eje principal, que fundamenta el progreso de la sociedad; y, en medida que la tecnología avanza, debemos caminar de la mano para aprovechar las innovaciones que puedan orientar y beneficiar la educación,

---

<sup>93</sup> Datos correspondientes al Periodo Académico Octubre 2016 – Febrero 2017

emprendiendo retos que nos permitan acceder o construir herramientas que sirvan para vivir y desarrollarse en un mundo cada día más competitivo.

La Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL, ante la necesidad de responder a la sociedad con opciones educativas innovadoras emprende en el 2013 el cambio del modelo tradicional de entrega de material bibliográfico impreso, hacia un modelo de entrega de material bibliográfico electrónico - MBE. Para ello inicia el proyecto piloto denominado “e-Book”, como parte del modelo de formación a distancia, aplicando técnicas y herramientas de aprendizaje basadas en el uso de dispositivos móviles, lo cual pretende fortalecer el autoaprendizaje brindando mayor interacción entre el libro electrónico y aplicaciones complementarias. Dentro de los objetivos a corto plazo, plantea mejorar la distribución de material bibliográfico en formato electrónico, a mediano plazo la alfabetización digital de los estudiantes y a largo plazo consolidar el modelo m-learning en la UTPL.

El área que promueve el proyecto es la Dirección de Tecnologías de la Educación (DTE), la misma que en conjunto con el equipo tecnológico de la Dirección de Operaciones, definen la hoja de ruta de la implementación del proyecto, considerando acciones concretas para cada periodo académico, de tal forma que periódicamente se observen los avances de la solución.

## 2 Terminología

**UTPL:** Siglas que corresponden a la Universidad Técnica Particular de Loja.

**MBE (Material Bibliográfico Electrónico) - e-Book:** Libro de texto que ha sido digitalizado con extensiones de PDF, EPUB, MOBI, etc. Mantiene un esquema de seguridad y también se lo conoce como libro electrónico.

**DRM (Digital Right Managment):** Gestión de Derechos Digitales, sistema de seguridad implementado en los libros electrónicos para proteger el contenido, su uso y distribución. Normalmente se incorpora a los libros en formato EPUB o PDF.

**Cloud SaS:** Software como servicio en la nube.

**Directorio Activo (AD):** Servicio de Directorio que gestiona los usuarios y recursos de una red.

**M-Learning:** Metodología de enseñanza y aprendizaje valiéndose en el uso de dispositivos móviles.

**Mesa de Servicios Tecnológicos para Estudiantes con E-books:** Departamento técnico que ofrece el servicio de soporte técnico de MBE (material bibliográfico electrónico), Plataforma de descarga de MBE y los dispositivos de lectura entregados por UTPL.

**NSGA:** Nuevo Sistema de Gestión Académica de la UTPL.

**CEDIB:** Sistema de distribución bibliográfica de UTPL.

**DTE:** Dirección de Tecnologías para la Educación.

**UGTI:** Unidad de Gestión de Tecnologías de la Información.

**EaD:** Educación a Distancia.

**Tecnología Push:** Forma de comunicación en la que el origen de envío de información es un servidor y no un cliente.

**Adobe Content Server (ACS):** Servidor de contenidos de Adobe.

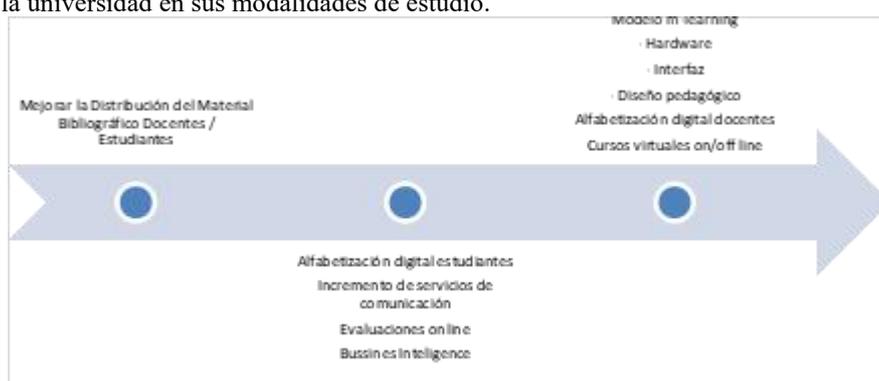
**AD:** Directorio Activo

### 3 Antecedentes

La EaD en la UTPL, ha experimentado diversos cambios en sus diferentes componentes, uno de ellos es el que corresponde a los materiales didácticos, constituidos por la guía didáctica, evaluaciones a distancia y el texto básico, donde la logística para la distribución y entrega a los estudiantes constituyó una alta carga operativa y de mayor preocupación por el tiempo en el que el estudiante recibía el material bibliográfico, que en algunos casos superaba la mitad del semestre de estudio. Como respuesta para solucionar la problemática expuesta, se inicia el proyecto e-Book que propone varios objetivos a corto, mediano y largo plazo (ver Fig. 1) cuyo objetivo inicial a corto plazo consistió en mejorar la operación de distribución de material bibliográfico a los estudiantes de EaD, bajo dos ejes principales:

- **Innovación:** Adoptar un nuevo modelo que permita integrar técnicas de aprendizaje mediante el uso masivo de dispositivos móviles en la EaD de la UTPL.
- **Automatización:** Optimizar los procesos operativos de la EaD creando ambientes personalizados para la distribución del material bibliográfico, recursos educativos y acceso a servicios académicos online de la UTPL.

El proyecto e-Book, tiene estrecha relación con la línea estratégica de la universidad sobre innovación en tecnología educativa, que se orienta al uso de las TIC'S como herramienta de apoyo para el modelo de Educación a Distancia. El proyecto busca desarrollar un entorno tecnológico, de fácil uso, en donde los estudiantes puedan acceder al material bibliográfico, a recursos y servicios que brinda la universidad en sus modalidades de estudio.



**Fig. 1.** Objetivos del Proyecto e-Book de la UTPL (fuente: Dirección de Tecnologías de la Educación - UTPL)

Es importante recalcar que la inclusión del nuevo modelo de distribución de material bibliográfico electrónico se ejecuta de forma progresiva; es decir, inició con los estudiantes nuevos de primer ciclo del periodo académico Octubre 2013 – Febrero 2014 y para los cuales se espera que, para mediados del año 2018 culminen sus estudios bajo el nuevo esquema de entrega del libro electrónico.

#### **4 Alcance de la Solución para Acceso al MBE**

La solución tecnológica, para la transformación del modelo de distribución del material bibliográfico electrónico, se compone de los siguientes macro elementos:

1. Diseño de la arquitectura tecnológica para la gestión (adquisición, asignación y entrega) del MBE.
2. Construcción de los elementos tecnológicos de la solución planteada.
3. Descripción de los ajustes a los procesos de entrega del MBE.
4. Presentación de los resultados y beneficios obtenidos de la solución tecnológica.
5. Proyección del proyecto.

##### **4.1 Diseño de la arquitectura tecnológica para la gestión del MBE**

Para el diseño de la arquitectura, se plantea un modelo cliente-servidor, donde el servidor constituye la implementación y estabilización de la plataforma para la descarga automática del MBE, misma que consolida el material bibliográfico electrónico, además de integrarse a los sistemas de UTPL, para autenticación y autorización de usuarios, consulta del material asignado al estudiante para su posterior descarga y finalmente la notificación de la descarga para procesos de seguimiento y control.

La plataforma para la descarga automática del MBE se integra con las diferentes casas editoriales que ofrecen el servicio de venta de libros en formato electrónico, actualmente se cuenta con diversos proveedores, entre los que destacamos a: Pearson, Mc-GrawHill, Alfa Omega, EdiLoja, Anaya y otras más.

Es importante mencionar que el cliente(usuario/estudiante) puede acceder al MBE de forma desconectada, usando la conectividad únicamente con fines de descarga, mensajería push y sincronización [2].

En la Figura 2, se muestra una visión contextual de los componentes que interactúan entre sí, garantizando el flujo de servicio a los estudiantes para el MBE.



Fig. 2. Esquema de interacción operativo del proyecto e-Book de la UTPL

## 4.2 Construcción de los elementos tecnológicos

### 4.2.1 Plataforma de descarga automática de libros electrónicos

La Plataforma de descarga automática de libros electrónicos, constituye la herramienta para la descarga automática del MBE, dispuesta en modalidad en la nube, la misma que gestiona los libros, que serán accedidos posteriormente por los estudiantes de la Modalidad Abierta y a Distancia. Los archivos electrónicos de los libros son almacenados de forma física (pdf, epub, mobi, etc) en distintos servidores de contenidos de Adobe (Adobe Content Server - ACS).

La plataforma está en la capacidad de gestionar libros electrónicos con sistemas de gestión digital de restricciones (DRM) y controla como regla de negocio, la provisión de un máximo de 5 dispositivos para descarga de libros con DRM.

El acceso a la plataforma es exclusivo para los estudiantes activos (con matrícula vigente), para ello se accede a través de un servicio web al Sistema de Autenticación y Autorización, al Sistema de Registro – Matriculación y al Sistema de Distribución de Material Bibliográfico.

Dentro del manejo de sesiones, se establece un tiempo límite de la sesión y finalizada ésta, se destruye la cookie para evitar el acceso de otro usuario en un entorno público. En el diagrama de la Fig. 3, se puede observar la integración de la plataforma, con los diferentes elementos para la distribución de material bibliográfico electrónico:

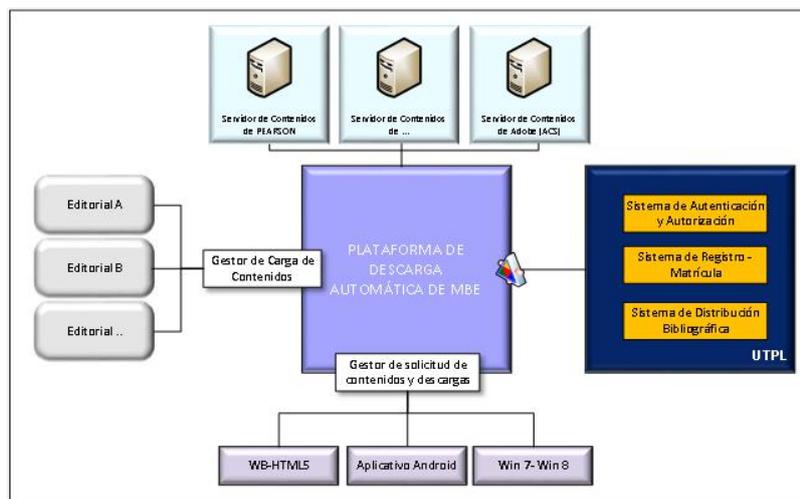


Fig. 3. Arquitectura de la Plataforma de Descarga Automática de MBE (fuente: Proyecto E-books - Arquitectura).

#### 4.2.2 Escritorios personalizados e integración con sistemas internos de UTPL

Para brindar el acceso a los estudiantes a la solución, se integra en el modelo una aplicación accesible y usable denominada *Escritorio UTPL*, compatible para distintas plataformas, que permiten el acceso y lectura de los libros electrónicos E-book. Cada versión del *Escritorio UTPL*, está constituido por el portal de servicios y por un lector (software de lectura de libros electrónicos) que permite gestionar libros electrónicos con DRM. [3]

Tabla 1: Plataforma para el Escritorio UTPL

Plataforma	Aplicación	Lector
Windows	Escritorio UTPL para Windows 7	UTPL Reader
Windows	Escritorio UTPL para Windows 8	UTPL Reader
Android	Escritorio UTPL para Android 4.0 o superior	Mantano
Otras plataformas	Escritorio UTPL (Aplicación web basada en HTML5)	Adobe Digital Editions

Para brindar acceso a los estudiantes, en un periodo académico, e identificar el material que le corresponde, se lo hace a través de un servicio web que expone la información de consulta, la cual es gestionada desde el Nuevo Sistema de Gestión Académica (NSGA) y el Sistema de Distribución Bibliográfica (CEDIB); posterior a ello se accede a la aplicación donde cuenta con el MBE, lector de los libros electrónicos y acceso a los servicios online de la Universidad.

#### 4.2.3 Sincronización con el sistema de Autenticación y Autorización

La autenticación de usuarios se realiza a través de un Directorio Activo (AD). A través del cual se identifica los roles que cuentan los usuarios de la UTPL para acceso al material bibliográfico electrónico; específicamente se considera las cuentas de usuarios que corresponden al rol de “estudiante”.

Desde los diferentes *Escritorios UTPL*, el usuario y contraseña ingresados, son enviados encriptados hacia la plataforma, mediante una capacidad del servicio web. Ver Fig. 4. Formulario de Acceso - Escritorio UTPL.

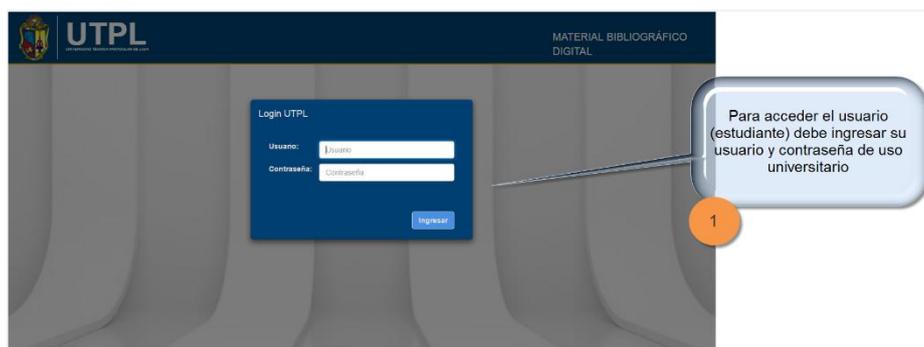


Fig. 4. Formulario de Acceso - Escritorio UTPL (fuente: Elaboración propia).

#### 4.2.4 Sincronización con el Sistema de Registro – Matrícula y Sistema de Distribución Bibliográfica

Una vez autenticado el usuario, procede la autorización, que consiste en realizar la verificación de un registro de matrícula en el periodo académico vigente, a efectos de:

- Estudiante sin matrícula vigente: Permitir acceso para lectura del MBE descargados anteriormente; la aplicación únicamente actúa como un e-reader, no se permite nuevas descargas.
- Estudiante con matrícula vigente: Permitir procesos de sincronización y acceso a nuevas descargas y otros servicios vinculados.

Posterior a un proceso de autenticación exitoso, se da paso a la gestión del MBE

En la Fig. 5 se observa el proceso de sincronización de información del Escritorio UTPL con la Plataforma de descarga automática de MBE, que se ejecuta posterior al proceso de autorización.

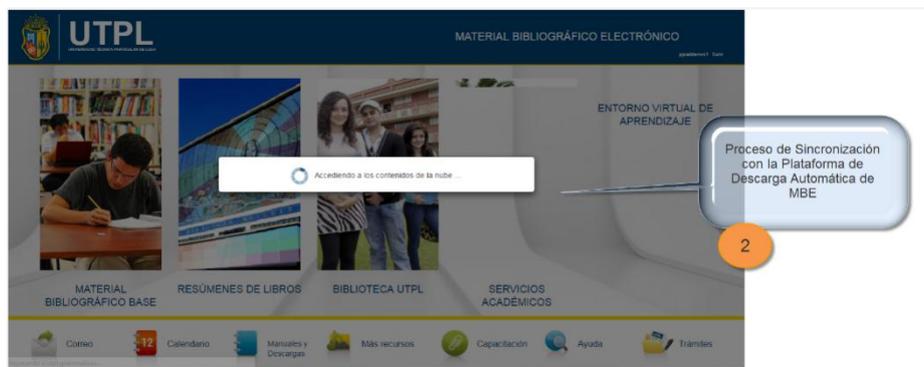


Fig. 5. Proceso de Sincronización del Escritorio UTPL con la Plataforma de descarga automática de MBE (fuente: Elaboración propia).

Actualmente el servicio se enfoca a estudiantes con matrícula en el periodo académico vigente (estudiantes regulares), en cuyo caso la plataforma al momento de ingreso, alerta sobre sus contenidos pendientes de descarga a fin de que proceda con la sincronización en el dispositivo actual. Ver Fig. 6. Alerta de descargas pendientes en Escritorio UTPL.



Fig. 6. Alerta de Descarga Pendientes en Escritorio UTPL (fuente: Elaboración propia).

Cuando el usuario acepta la descarga automática de todo el MBE pendiente, este se realiza en segundo plano y siempre que se mantenga activa la conexión a Internet.

Posteriormente, dentro del proceso de sincronización, se consulta la o las titulaciones en las que el estudiante registra matrícula, periodos académicos y asignaturas, de tal forma que el contenido de la biblioteca digital se pueda estructurar siguiendo la misma lógica de calendario académico que el estudiante conoce. (Ver Fig. 7). Disposición del MBE en Escritorio UTPL.



Fig. 7. Disposición del MBE en el Escritorio UTPL (fuente: Elaboración propia).

En cada asignatura se pueden observar los materiales asociados para el curso durante el periodo académico, tal como se presenta en la Fig. 8. Los materiales pueden ser: Libro Base, Material UTPL (guías, evaluaciones, videos, etc.).

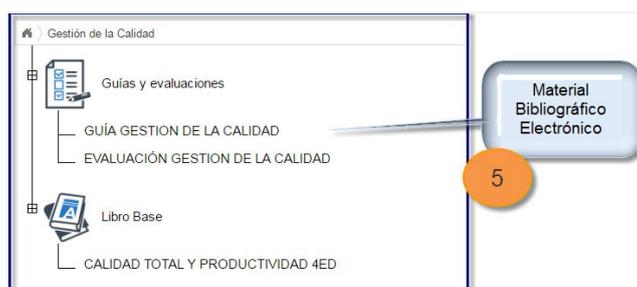


Fig. 8. Disposición de MBE en Escritorio UTPL. (fuente: Elaboración propia).

El área de TI de la UTPL vigila que la integración entre los sistemas sea segura y oportuna a fin de que no exista afectación a los estudiantes. En caso de existir afectación, los estudiantes pueden reportar sus incidencias a la Mesa de Servicios Tecnológicos para Estudiantes con e-books para su pronta atención.

#### 4.2.5 Autorización del Dispositivo para descarga del MBE con DRM:

La UTPL con el propósito de precautelar los derechos intelectuales sobre los contenidos de libros electrónicos, ha integrado dentro de la plataforma de descarga automática, el sistema DRM (Digital Rights Management), que es una tecnología de control de acceso que limita el uso a medios o personas no autorizadas. Para UTPL gestiona el registro (autorización) de máximo 5 dispositivos (computador o dispositivo móvil) por estudiante [4].

Durante el proceso de sincronización del MBE, el estudiante debe realizar la autorización del equipo a través del *Escritorio UTPL* utilizando las credenciales de la Universidad.

Una vez autorizado el equipo, se podrá descargar y visualizar los libros electrónicos con DRM, los mismos que estarán disponibles en la Biblioteca para acceder aun cuando no se cuente con acceso a Internet. (Ver Fig. 9).



Fig. 9. Lector de Libro sin DRM en Lector Adobe Digital Editions. (fuente: Elaboración propia).

#### 4.2.6 Notificación de Descarga de MBE de los Usuarios de la Plataforma:

Los contenidos con DRM están restringidos a descargas en 5 dispositivos por estudiante, mientras que el material de UTPL (sin DRM) está disponible para descargas indefinidas. Cada descarga de los diferentes materiales es notificada a través del servicio web para que sea contabilizada en el Sistema de Distribución Bibliográfica de UTPL y a efectos de controlar las nuevas reservas de material para estudiantes repetidores de asignaturas, siendo esta información, el insumo para procesos operativos de control de entrega de contenido y procesos administrativos como provisiones y pagos de material digital a editoriales o proveedores.

#### 4.2.7 Acceso a servicios online de la Universidad

De forma adicional, la plataforma presenta el acceso a servicios de la Universidad, como Resúmenes de Libros, Biblioteca UTPL, Servicios Académicos y Entorno Virtual de Aprendizaje, Correo electrónico, Calendarios, Ayuda, Trámites y otros; los mismos que tienen una integración parcial con un modelo de Single Sign On, y que se pueden apreciar en la Fig. 10. Acceso a otros servicios desde el *Escritorio UTPL* [5].



Fig. 10. Acceso a otros servicios desde el Escritorio UTPL (fuente: Elaboración propia).

### 4.3 Ajustes al proceso de distribución de Material Bibliográfico

#### 4.3.1 Adquisición del MBE

Para la adquisición del MBE, en cada periodo académico, se establecen las asignaturas que tendrán material para su curso en formato electrónico; seguidamente, el departamento de adquisición de Material Bibliográfico remite el listado de los títulos utilizados por los docentes de cada una de las asignaturas de cada una de las Secciones Departamentales de la Modalidad Abierta y a Distancia a las editoriales, considerando el ISBN del libro impreso, tanto para libros con DRM como de producción propia de la universidad.

El flujo de proceso que se cumple para la gestión de adquisición de Material Bibliográfico Electrónico se puede observar en la Fig.11. Proceso de Adquisición de MBE – Instructivo Proyecto E-books 2015.

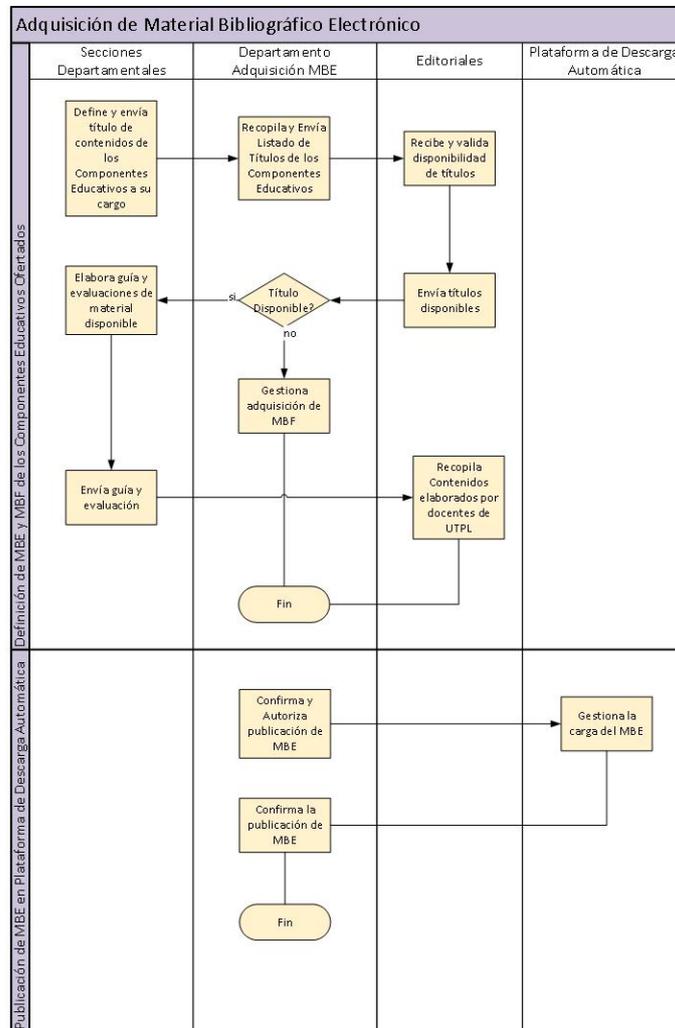


Fig. 11. Proceso de Adquisición de MBE – Instructivo Proyecto E-books - 2015 (fuente: Elaboración propia).

Adquirido el MBE, se procede a realizar la publicación en la plataforma para futuras descargas. Para la entrega y distribución de material bibliográfico electrónico en la UTPL, se ejecutan varios subprocesos operativos, tanto para estudiantes de nuevo ingreso y estudiantes regulares.

#### 4.3.2 Mesa de Servicios Tecnológicos para Estudiantes con E-books

Para brindar apoyo y servicios a los usuarios de estos servicios, se ha implementado una Mesa de Servicios Tecnológicos para estudiantes con e-books, basados en las mejores prácticas para la gestión de servicios de tecnología basado en ITIL y con miras a proveer un único punto de contacto para que los estudiantes que

reciben MBE puedan solicitar requerimientos o reportar incidencias sobre el uso de sus dispositivos electrónicos o la descarga de su MBE [6].

La Mesa de Servicios ofrece una disponibilidad constante de soporte a los estudiantes, reduciendo significativamente la problemática al área de TI de la sede matriz de la Universidad y provee periódicamente de información y recomendaciones a los responsables de proyecto para emprender en acciones correctivas y de mejora continua.

A continuación, se lista el catálogo de servicios que brinda la Mesa de Servicios.

- Acceso a los Escritorios UTPL para Windows, Android y por Navegador.
- Descarga de Material Bibliográfico Electrónico.
- Tabletas Electrónicas entregadas por UTPL
- Preparación y Entrega de Tabletas Electrónicas.

#### 4.3.3 Procesos de Seguimiento y Control - Tableros de Indicadores

Como parte del Proyecto e-Book, se han elaborado tableros de indicadores que permiten hacer el seguimiento y control de la gestión del MBE y entrega de dispositivos electrónicos [7]:

- Estudiantes con MBE por periodo académico, titulación y centro universitario.
- Estudiantes que reciben Dispositivos Electrónicos (tabletas) por periodo académico, titulación y centro universitario.
- Estado de descarga de los estudiantes con MBE por periodo académico, titulación y centro universitario (descarga total, parcial o sin descarga).
- Otros.

Las herramientas tecnológicas para elaboración y presentación de los tableros de control que actualmente utiliza la Universidad son Power BI y Qlikview (Ver Fig. 12).



Fig. 12. Tablero de Control en PowerBI del Proyecto E-books (fuente: elaboración propia)

#### 4.3.3 Procesos de Seguimiento y Control - Seguimiento a la Entrega de Dispositivos Electrónicos (Tablet)

Para el seguimiento a la entrega del dispositivo electrónico, se ha desarrollado un sistema que permite el registro oportuno del estado de entrega del dispositivo al estudiante, complementando con dicha información el tablero de control destinado para el efecto.

De igual forma, este sistema, presenta una interfaz en el portal de la Universidad, para que los estudiantes realicen la consulta del estado donde se encuentra su dispositivo. Ver Fig. 13.



Fig. 13. Consulta del estado del envío de la Tableta. (fuente: elaboración propia - UTPL)

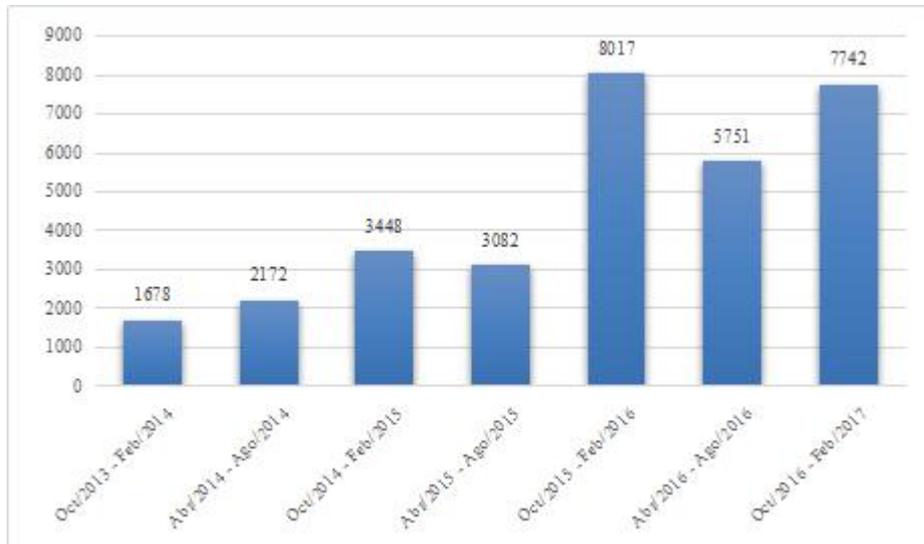
#### 4.4 Resultados

Desde la implementación de la solución tecnológica para el nuevo modelo de distribución de material bibliográfico se han obtenidos los siguientes resultados:

##### **Dispositivos Electrónicos Distribuidos:**

El modelo de distribución de material bibliográfico electrónico fue progresivo, iniciando en el primer periodo académico con 3 titulaciones, en el segundo periodo académico con 7 titulaciones y a partir del tercer periodo académico con 18 titulaciones, por lo que a la fecha se han distribuido 31.890 dispositivos electrónicos, que permiten al estudiante de manera ágil, acceder al MBE inmediatamente después de legalizada su matrícula académica, en cada uno de los periodos académicos posteriores al de la entrega.

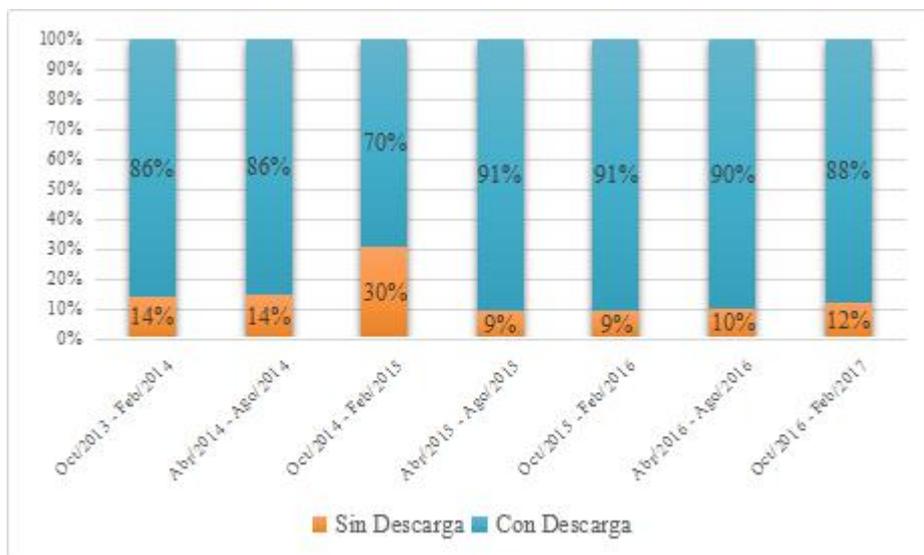
**Tabla 2.** Dispositivos Electrónicos Distribuidos



**Descargas de los Estudiantes de EaD que les corresponde MBE:**

Desde la vigencia del proyecto, se observa que alrededor de un 10% de estudiantes no realizan la descarga de material, asegurándonos que aproximadamente el 90% accede a su MBE para el curso de su asignatura. En el tercer periodo académico se observa un porcentaje más alto de estudiantes que no realizaron descarga de material, esto por cuanto a raíz de este periodo académico se integró al proyecto las 18 titulaciones de la Modalidad Abierta y a Distancia y con ello un número mayor de estudiantes con MBE, causando un alto impacto frente al cambio de formato del material. Sin embargo, y a posterior de dicho periodo académico la tendencia es a la disminución de estudiantes sin material bibliográfico electrónico.

**Tabla 3.** Porcentaje de Descarga de MBE



#### **Acceso más rápido al MBE para estudiantes del Exterior:**

Si bien para cada una de las bodegas que distribuyen el material bibliográfico impreso, se realiza proyecciones de material a entregar en cada periodo académico con base a la matrícula del periodo anterior, la entrega del material en formato electrónico para estudiantes del exterior, específicamente centros universitarios de Madrid, New York, Roma y Bolivia agiliza y minimiza el tiempo que tiene un estudiante para acceder al MBE, puesto que cuando se trata de material impreso, el proceso de envío y posterior entrega al estudiante demora de 15 a 30 días.

## **5 Proyección del Proyecto**

- Permitir el acceso al MBE al personal docente de la Modalidad de Educación Abierta y a Distancia de la UTPL.
- Integración de la solución con la suite de Office365 para la federación de autenticación y uso de OneDrive como repositorio alternativo de almacenamiento de información.
- Lectura y edición de cursos en formato SCROM 1.2.
- Integración con los diferentes orígenes de recursos educativos disponibles (por ejemplo, DSpace) en la Universidad para facilitar el acceso a consultas según la necesidad.
- Desarrollo del Escritorio UTPL para Windows 10.
- Desarrollo del Escritorio UTPL para Android universal.
- SSO con aplicativos propios de la Universidad y que se acceden a través del Escritorio UTPL en las diferentes plataformas.

## Referencias

- 1 UTPL, «Universidad Técnica Particular de Loja,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.utpl.edu.ec/utpl/informacion-general/historia>.
- 2 C. Alejandro, «Notificaciones Push,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.alejandroc Castellano.com/notificaciones-push/>. [Último acceso: 2017].
- 3 E. Martínez, El E-book y la industria editorial: Oportunidades, obstáculos y estrategias de mercadotecnia., Editorial Universitaria Libros UDG, 2014.
- 4 Q. S.-N. R. & S. N. P. Liu, Digital Rights Management for., 2003.
- 5 L. Iglesias, «Single Sign On,» Doctoral dissertatio, Facultad de Informática, 2004.
- 6 N. Figuerola, ITIL V3 ¿Por dónde empezar?, Buenos Aires, 2012.
- 7 A. T. Ferrer, Qué son y qué pretenden., Cuadernos de pedagogía, 257., 1997.



## Aplicación del Análisis de Datos para la Evaluación y Acreditación de Programas Educativos

Felipe de Jesús Orozco Luna <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Guadalajara, Coordinación General de Tecnologías de la  
Información  
Av. Juárez No. 976, Colonia Centro, C.P. 44100, Guadalajara Jalisco, México.  
forozco@redudg.udg.mx

**Resumen.** Entre los objetivos institucionales de la Universidad de Guadalajara en el ámbito académico, la Coordinación de Innovación Educativa y Pregrado perteneciente a la Coordinación General Académica tiene por objetivo orientar y apoyar los procesos de evaluación y acreditación de los Programas Educativos a través de organismos acreditadores nacionales e internacionales, así mismo generar estrategias y acciones para analizar, comprender y solventar las observaciones emitidas. En colaboración con la Coordinación de Innovación Educativa y Pregrado y la Coordinación General de Tecnologías de la Información “CGTI” han sumado dentro de su portal de Análisis de Datos, los recursos necesarios para facilitar la obtención de la data, análisis de trayectorias escolares, e índices pertinentes para los procesos de evaluación de programas educativos. Gracias a esta solución tecnológica se acorta considerablemente el tiempo en la obtención, concentrado, resumido de la data así como el cálculo de índices. Herramienta que tiene un impacto positivo en los procesos de evaluación y acreditación de todos los programas educativos a nivel licenciatura de la Universidad de Guadalajara.

**Palabras Clave:** Evaluación, Acreditación, Programas Educativos, Análisis de Datos, Analítica de data.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Gestión

### 1 Introducción

La Universidad de Guadalajara, desde el 2004 comenzó a crear soluciones para el análisis de datos, orientadas a apoyar la toma de decisiones, utilizando diversos enfoques para el desarrollo de soluciones, comenzando con diseño de la Datawarehouse institucional, modelado de datos dimensionales, diseño de indicadores y tableros de mando.

En el 2015 la Coordinación de Innovación Educativa y Pregrado, a través de Unidad de Evaluación y Acreditación, solicitaron a la Coordinación General de Sistemas de Información, el apoyo para para diseñar el proceso de automatización de obtención de datos con el objetivo de mejorar y eficientar los procesos de Evaluación y Acreditación de los Programas Educativos, procesos que están involucrados todos los programas educativos en nuestra Universidad.

El reto principal para los procesos de acreditación de programas de calidad, es la obtención de las evidencias necesarias. Los sistemas que se tienen están orientados a la operación y carecen de la orientación a la analítica de los datos, de tal forma que: la obtención de los datos implicaba un gran esfuerzo en términos de gestión, colaboración y comunicación entre diversas áreas administrativas de la Universidad.

Como respuesta a estas necesidades, se agrega al portal de analítica de datos de la Universidad [www.sad.udg.mx](http://www.sad.udg.mx), una solución orientada a proporcionar información de alumnos y trayectorias escolares. Cabe resaltar que, aunque este representa un tema entre los diversos temas en los procesos de evaluación y acreditación, por la complejidad, la cantidad de registros, la cantidad de actores y variables involucradas, es de los más complejos de obtener, de tal forma, que el impacto es alto para coadyuvar al cumplimiento de los objetivos institucionales.

## 1.2 Fundamento Institucional [1]

Alineación del proyecto con el Plan de Desarrollo Institucional Visión 2030.

En el plan de desarrollo institucional 2014-2130 de la Universidad de Guadalajara establece en el eje temático “*Docencia y aprendizaje*” en el objetivo número 2 “*Mejora de la calidad de los procesos, ambientes y resultados de enseñanza aprendizaje*”. La creación de estrategias para: “*Fortalecer los mecanismos de evaluación de los programas educativos, con énfasis en los resultados académicos y no sólo en los insumos*”.

Así mismo, en el capítulo VIII “Indicadores estratégicos y métricas”, en el eje temático “Docencia y Aprendizaje” en el indicador número 7 “Porcentaje de matrícula en programas educativos reconocidos por su calidad (por organismos externos independientes)”, que el objetivo para el 2019 es que la totalidad de programas educativos reconocidos por su calidad sea del 100%, de ahí la importancia de tener herramientas que coadyuven al cumplimiento de los objetivos institucionales, ver gráfico 1

Docencia y Aprendizaje				
No.	Indicador	Métricas		
		Valor 2013	Meta 2019	Meta 2030
7	Porcentaje de matrícula en programas educativos reconocidos por su calidad (por organismos externos independientes)	85%	100%	100%

Así mismo abonando a lo establecido en Eje Temático: “Gestión y Gobierno” en el Objetivo 15: “Fortalecimiento de la gestión y gobernanza universitarias.” A través de las estrategias:

Estrategia: “Agilizar la administración universitaria para avanzar hacia esquemas de acreditación institucional, por medio de la actualización normativa, simplificación de procedimientos, entre otras acciones que faciliten logro de las metas de la Institución.”

Estrategia: “Consolidar la integración del sistema de información universitaria que incluya una plataforma de indicadores académicos y de gestión, orientados a la toma de decisiones estratégicas.”

## **2 Sistema Institucional de Trayectoria Escolar**

El portal de Sistema Institucional de Trayectoria Escolar, responde a los requerimientos de información confiable, actualizada y disponible para toda la Red Universitaria, accesible por todos los involucrados en los procesos de Evaluación y Acreditación de Programas Educativos brindando información referente a los procesos Escolares. Ayudando así a agilizar los procesos de evaluación y autoevaluación de los programas educativos.

La solución creada contempla el diseño y construcción de un modelo de datos a través de procesos de extracción, integración, transformación y carga automática de datos. Así como el diseño y desarrollo de reportes de analítica de datos.

### **2.1 Requerimientos a cubrir**

La Universidad se ha propuesto lograr la acreditación del 100% de sus Programas Educativos para el 2019, para su cumplimiento, se creó un Comité de Pares para la Autoevaluación Institucional, bajo la dirección de la Unidad de Evaluación y Acreditación de la Coordinación de Innovación Educativa y Pregrado, cuyo propósito es apoyar los procesos de autoevaluación en los niveles de Técnico Superior Universitario y Licenciatura, a través del Comité de Pares se estableció un primer alcance de responder a datos pertinentes a los procesos Escolares en la automatización de información, para el análisis de la información y consumo de indicadores. Los Índices e indicadores fueron definidos y consensados de manera colegiada por el Comité de Pares

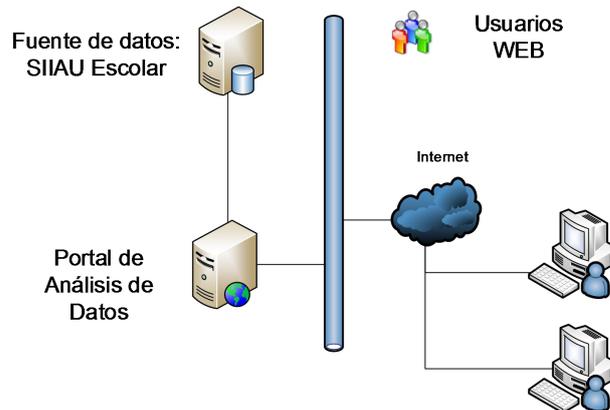
Los grandes rubros a ser considerados para ser automatizados son:

- Trayectoria Académica
- Índice de Aprobación y Reprobación por Programa Educativo
- Índice de Titulación por Programa Educativo
- Índice de Aprobación y Reprobación por Programa Educativo
- Índice de Rezago por Programa Educativo
- Índice de Reprobación por Materia y Programa Educativo
- Índice de Deserción por Materia y Programa Educativo
- Ingreso de Alumnos por Programa Educativo

## 2.2 Arquitectura

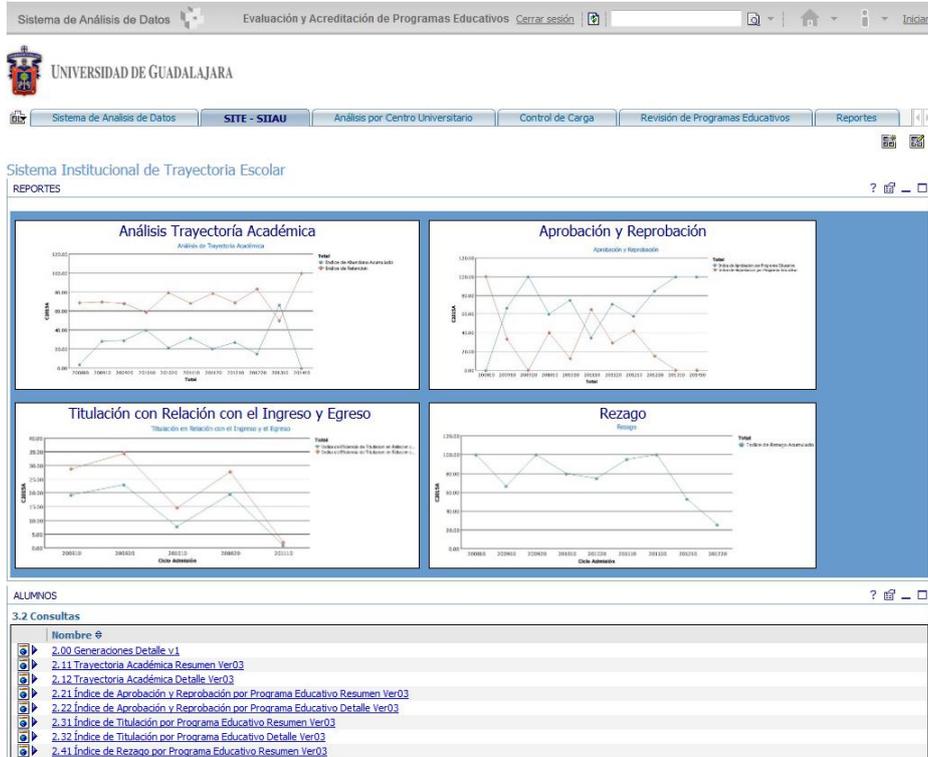
La totalidad de las fuentes de datos se obtienen de un sistema desarrollado en la Universidad llamado SIAU Escolar, sistema que almacena los datos en una base de datos de Oracle. El almacén de datos (Datawarehouse) que es la fuente de los datos procesado, integrados, resumizados y orientados al análisis de datos. Se encuentra en una base de datos en Oracle. Las herramientas usadas para modelado, diseño y desarrollo de las soluciones de analítica de datos es IBM Cognos. A continuación ilustración resumida de la Arquitectura del servicio de Análisis de datos, ver gráfico 2.

### ARQUITECTURA DEL SERVICIO



## 2.3 Ejemplos de Reportes

En el gráfico 3, se muestra la página de entrada del portal de “Sistema Institucional de Trayectoria Escolar”, en la parte superior, están los grandes resúmenes de los reportes más usados, en la parte inferior la totalidad de los reportes que se pueden acceder.



En el gráfico 4, se muestra el reporte “Generaciones Detalle”, Seleccionando un Centro Universitario y un Programa Educativo, se mostrará una tabla de las diversas trayectorias, ciclos de inicio y ciclo de fin. En el grafico 5, el gran resumen de todas las trayectorias del programa educativo seleccionado, los ciclos en vertical son los ciclos de admisión, y los de horizontal los ciclos que han transcurrido.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
 VICERRECTORÍA EJECUTIVA  
 COORDINACIÓN GENERAL ACADÉMICA

### Generaciones Detalle

Centro Universitario: CUAAD - Arte, Arquitectura y Diseño  
 Programa Educativo: (C00-LAF) LIC EN ADM FINANCIERA Y SISTEM

### Generaciones Detalle

Centro Universitario: CUCEA - Ciencias Económico-Administrativas  
 Programa Educativo: (C00-AFS) LIC EN ADM. FINANC.Y SIST.

Cantidad de ciclos	200810	200820	200910	200920	201010	201020	201110	201120	201210	201220	201310	201320	201410	201420	201510	201520	201610	201620	Ciclo Cursado
200810																			15
200820																			12
200910																			14
200920																			15
201010																			14
201020																			13
201110																			12
201120																			11
201210																			10
201220																			9
201310																			8
201320																			8
201410																			5
201420																			
201510																			
201520																			
201610																			
201620																			
Ciclo Admision	1	2	3	4										11	11	9	9	9	138

En el gráfico 6, se muestra el reporte “Trayectoria Académica por Programa Educativo”. Seleccionando un Centro Universitario, un Programa Educativo y un ciclo de admisión, se muestra el reporte de esta trayectoria escolar. En el gráfico 7, un ejemplo del reporte, mostrando en la parte superior del reporte los 5 índices primarios que son el origen de los 3 índices calculados.

### Trayectoria Académica por Programa Educativo

(Resumen)

**Centro Universitario**

Centros Universitarios1

CUCEA - Ciencias Económico-Administrativas

**Programa Educativo**

Programa Educativo

(C00-LAFI) LIC EN ADM FINANCIERA Y SISTEM  
(C00-AFS) LIC EN ADM. FINANCIER Y SIST.  
(C00-LAGP) LIC EN ADM. GUBER. Y POLI. P  
(C00-ADM) LIC EN ADMINISTRACION  
(C00-LIAD) LIC EN ADMINISTRACION  
(C00-AGPP) LIC EN ADMIN. GUB. Y POL. PUB. LOC  
(C00-LCOP) LIC EN CONTADURIA PUBLICA  
(C00-CPUA) LIC EN CONTADURIA PUBLICA  
(C00-LECO) LIC EN ECONOMIA  
(C00-ECO) LIC EN ECONOMIA  
(C00-LIGA) LIC EN GESTI Y ECON AMBIENTAL  
(C00-LGEA) LIC EN GESTION Y ECONOMIA  
(C00-MER) LIC EN MERCADOTECHIA  
(C00-LIME) LIC EN MERCADOTECHIA

**Ciclo de Admisión**

Ciclo Admisión1

200810  
200820  
200910  
200920  
201010  
201020  
201110  
201120  
201210  
201220  
201310  
201410

Cancelar    Siguiente >

**2008 10**

- Alumnos Activos
- Alumnos con Bajas
- Alumnos con Bajas Acumuladas
- Egresados
- Matricula

**2008 10**

- Índice de Retención
- Índice de Abandono
- Índice de Abandono Acumulado

### Trayectoria Académica por Programa Educativo

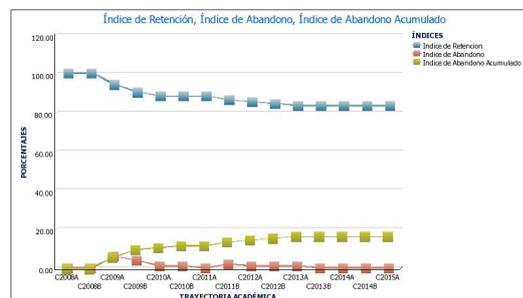
(Resumen)

CENTRO UNIVERSITARIO: CUCEA - Ciencias Económico-Administrativas  
PROGRAMA EDUCATIVO: (C00-AFS) LIC EN ADM. FINANCIER Y SIST.  
CICLO DE ADMISIÓN: 200810

	C2008A	C2008B	C2009A	C2009B	C2010A	C2010B	C2011A	C2011B	C2012A	C2012B	C2013A	C2013B	C2014A	C2014B	C2015A
Alumnos Activos	101	101	95	90	86	85	73	46	22	13	10	8	2	2	1
Alumnos con Bajas	0	0	6	4	1	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0
Alumnos con Bajas Acumuladas	0	0	6	10	11	12	12	14	15	16	17	17	17	17	17
Egresados	0	0	0	1	3	4	16	41	64	72	74	76	82	82	83
Matricula	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101

	C2008A	C2008B	C2009A	C2009B	C2010A	C2010B	C2011A	C2011B	C2012A	C2012B	C2013A	C2013B	C2014A	C2014B	C2015A
Índice de Retención	100.00	100.00	94.05	90.09	88.11	88.11	88.11	86.13	84.15	83.16	83.16	83.16	83.16	83.16	83.16
Índice de Abandono	0.00	0.00	5.94	3.96	0.99	0.99	0.00	1.98	0.99	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Índice de Abandono Acumulado	0.00	0.00	5.94	9.90	10.89	11.88	11.88	13.86	14.85	15.84	16.83	16.83	16.83	16.83	16.83



**FORMULAS**

<b>Índice de Permanencia:</b> ((Activos + Egresados) X 100) / Matricula Inicial)
<b>Índice de Abandono:</b> (Bajas X 100) / Matricula Inicial)
<b>Índice Abandono acumulado:</b> (Bajas Acumuladas X 100) / Matricula Inicial)

FIRMA DEL RESPONSABLE

## 2.4 Alcance de la solución

El proyecto incluye:

- Incorporar de manera automática, información de alumnos, registro a cursos, reprobación, cambio de estatus teniendo como base el Sistema Integral de Información Universitaria SIIAU, en el apartado de Escolar.
- De manera automática preparar la data para ser consumida de manera accesible y clara para ser usada en apoyo a los procesos de evaluación y acreditación de programas educativos.
- En la preparación de la data, incluye la integración, agrupado y sumarización de diversos índices en diferentes grados de detalle.
- Proporcionar un servicio de consulta de datos, accesible vía web, y que además cuente con las medidas seguridad para restringir su acceso.
- Las estructuras de datos están diseñadas para que puedan ser consumidas y explotadas por reportes de otros procesos universitarios.
- Se provee de una actualización de datos de manera periódica, asegurando así la vigencia y actualidad de los datos proporcionados.

Entre las funcionalidades que se integraron al proyecto, fue crear un marco para el crecimiento analítico de los datos. Se hizo el diseño de las estructuras de datos para facilitar el brindar información analítica, para responder a reportes y vistas que no están considerados en los requerimientos iniciales.

Para responder a los requerimientos se crea una gran colección de índices que son la base para responder a los cálculos. De tal forma que se tienen más de 40 índices básicos, como por ejemplo la “Cantidad de Alumnos”, que pueden ser utilizados para crear otros reportes de analítica más complejos, o bien para ser consumidos por otros actores Universitarios.

## 2.5 Beneficios

- A nivel Red Universitaria, se cuenta con una plataforma que proporciona todos los insumos para los procesos de evaluación y acreditación de los distintos organismos evaluadores y acreditadores, reduciendo los tiempos y simplificando la elaboración de los expedientes de los programas educativos, además de: Contar con procesos optimizados en automatización de carga, integración y cálculo de índices.
- Contar con un gran conjunto de datos que pueden ser consumidos, no solo por los procesos de evaluación y acreditación, sino por diversas áreas dentro de la Universidad de Guadalajara.
- Disminuir sustancialmente el tiempo y recursos humanos que se destinaban en recabar, reunir e integrar información escolar,
- Contar con una herramienta que nos ayude a proporcionar concentrados de información, orientada al análisis de datos.

- Proporcionar una visión unificada de conceptos de índices e indicadores. Dando como resultado una sola versión de la verdad.
- Como parte del proceso de automatización de la información, se consolida la creación de indicadores estándares aplicables a toda la Red Universitaria, gracias al trabajo de Comité de Pares.

## 2.6 Beneficiados

El impacto del uso de este portal es a nivel de toda la Red Universitaria, habiendo beneficiarios directos e indirectos

- Directo. Personas involucradas en los procesos de evaluación y acreditación de los programas educativos
- Directo. Los funcionarios que analizan información y toman decisiones en los ámbitos académicos y escolares.
- Indirecto. Los estudiantes, en el sentido que al tener información oportuna, confiable, clara. Esta información generará acciones pertinentes a mejorar y mantener la matrícula estudiantil.
- Directo. La Universidad de Guadalajara en su conjunto podrá ofrecer los productos generados, para ser utilizados y explotados por otras entidades de la Administración Central como son: la Vicerrectoría Ejecutiva, Coordinación General de Planeación y Desarrollo Institucional y la Coordinación de Control Escolar entre otras.

## 2.7 Retos y lecciones aprendidas

En el momento del diseño de la solución, el proceso de comunicación fue altamente exigente por la precisión de los cálculos a ser tomados en cuenta para la obtención de los índices e indicadores. Nos resultó de gran ayuda para el equipo de desarrollo de la CGTI hacer un pre diseño en hojas de cálculo y socializar con la mayor claridad posible los cálculos, criterios, conceptos a ser integrados en cada reporte a ser desarrollado, así como simular y consensar la experiencia visual del usuario.

Dentro de los retos encontrados y resueltos por el comité de pares fue la unificación de criterios, conceptos y definiciones de índices e indicadores.

Un gran reto técnico fue el considerar una gran cantidad de cálculos que se tienen que realizar para obtener las trayectorias escolares, teniendo en cuenta que el servicio esta con un máximo de 15 días de retraso a los valores operativos.

Actualmente, algunos Centros Universitarios están usando esta solución para apoyarse en los procesos de evaluación y acreditación, se tiene en reto de socializar la herramienta, dar a conocer los beneficios que pueden obtenerse, existe cierta resistencia a lo nuevo, al cambio, pero se está haciendo una estrecha labor de acompañamiento para que conozcan las funcionalidades y ventajas del uso de este tipo de soluciones.

### **3 Conclusiones**

La creación de este tipo de herramientas, ha sido muy oportuna para ayudar a los procesos de gestión, ya que en términos de recursos humanos, técnicos y de integración y procesamiento de datos es bastante el ahorro de tiempo, sumándole, la certeza, rapidez y fiabilidad de los datos.

En el proceso de la obtención de la data requerida para responder las preguntas del ámbito de alumnos y trayectorias escolares, se requería una gran cantidad de datos a ser procesados, concentrados y calculados de manera manual, a través de procesadores de hojas de cálculo, siendo muy común los errores, omisiones en la integración de la data, así como de tener una data desactualizada al momento de terminar sus procesos manuales.

Es necesario sumar más temas, que ayuden a agilizar la obtención de datos. Está en puerta comenzar el análisis de información de personal Académico que creara nuevos conjuntos de datos a ser consumidos por los procesos de Evaluación y Acreditación, Así como insumo de analítica de datos de parte de las áreas académicas de nuestra Universidad.

### **Agradecimientos**

Es de suma importancia reconocer que este tipo de soluciones es el resultado del esfuerzo de una gran cantidad de personal técnico y administrativo.

Dentro de la CGTI, desde los encargados de brindar el soporte en bases de datos, así como de los responsables de servicios de infraestructura, diseñadores y analistas de datos, diseñadores de reportes y experiencia del usuario. La gestión siempre ágil y puntual de la Jefa de la Unidad de Diseño de Sistemas y Arquitectura de Software Ing. Verónica Lizette Robles Dueñas. El apoyo siempre disponible en los procesos de comunicación con la alta dirección de nuestro Coordinador General de Tecnologías de Información Dr. Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León.

Reconociendo el gran trabajo que realizan en la Coordinación de Innovación Educativa y Pregrado, así como todo el personal que conforma el Comité de Pares, por sus esfuerzos para que la calidad educativa se vea reflejada en profesionistas mejor preparados ante las exigencias actuales. Hago mención especial a quien lideró la gestión y realización de este proyecto Mtra. María de los Ángeles Ancona Valdéz jefa de la Unidad de Evaluación y Acreditación.

## **Referencias**

- 1.- Plan de Desarrollo Institucional 2014-2030. Universidad de Guadalajara, Coordinación General de Planeación y Desarrollo Institucional  
<http://www.copladi.udg.mx/planeacion/pdi>

## Proyecto Ypografi. Implementación de la Firma Digital en la Universidad de Buenos Aires

Diego Ormaza De Paul<sup>a,1</sup>, Sandra Barrios<sup>a,2</sup>, Eloy Fernandez Severini<sup>a,3</sup>

a Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad de Buenos Aires Pte. Uruburu 860, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina  
1 dormaza@rec.uba.ar, 2 sbarrios@rec.uba.ar, 3 eloy.fernandez@rec.uba.ar

**Resumen:** En pos de modernizar y adaptar la Universidad de Buenos Aires, hacia una administración más eficiente y transparente promoviendo una mayor accesibilidad a la información pública, se implementó un programa general de mejoras de los procesos y de la calidad en la gestión denominado Programa Universidad Abierta.

Uno de los componentes de este programa es la Firma Digital de los documentos emitidos por la Universidad de Buenos Aires, utilizando la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (Ley N° 25.506 y sus modificatorias).

En ese marco de gobierno electrónico nace el proyecto Ypografi donde la Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC) colaboró con la Secretaría General del Rectorado y Consejo Superior para constituirse como Autoridad de Registro (AR), garantizó la infraestructura necesaria y desarrolló un aplicativo para gestionar y firmar documentos digitalmente.

También se desarrolló una solución que permite verificar y validar el documento en papel con su versión electrónica, a través de la incorporación de un código QR que contiene un link de descarga al documento digital.

Para poder efectuar las firmas cada firmante deberá gestionar su certificado digital.

Abordamos en el presente documento los aspectos funcionales y técnicos más relevantes del proyecto, y la problemática que se presentó en la implementación de la solución a nivel organizacional sobre una estructura burocrática propia de entidades universitarias y una cultura fuertemente arraigada a la firma hológrafa.

**Palabras Clave:** firma digital, gobierno electrónico, QR, certificado digital

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Gestión.

### 1 Introducción

El proyecto Ypografi nace en Mayo del 2016, y se encuadra, dentro del Programa Universidad Abierta cuyo objetivo general es “desarrollar e implementar la política de gobierno abierto de la Universidad de Buenos Aires mediante herramientas tecnológicas y de análisis que permitan la apertura de la información pública y la participación ciudadana”<sup>[1]</sup>.

El Programa Universidad Abierta es impulsado por la Secretaría General del Rectorado y Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires, a través de la Subsecretaría de Modernización y Relaciones con la Comunidad. El programa cuenta con un componente de Firma Digital cuyo objetivo es facilitar el intercambio de información segura a través de canales digitales.

La legislación argentina define a la Firma Digital como “el resultado de aplicar a un documento digital un procedimiento matemático que requiere información de exclusivo conocimiento del firmante, encontrándose ésta bajo su absoluto control. La firma digital debe ser susceptible de verificación por terceras partes, tal que dicha verificación simultáneamente permita identificar al firmante y detectar cualquier alteración del documento digital posterior a su firma”.<sup>[2]</sup>

Para poder cumplir con ese objetivo la Universidad de Buenos Aires debió constituirse como Autoridad de Registro (AR) de Firma Digital<sup>94</sup>, teniendo como Autoridad Certificante (AC) a la Oficina Nacional de Tecnologías de Información (ONTI) dependiente de la Subsecretaría de Tecnologías de Gestión de la Secretaría de Gabinete de la Jefatura de Ministros de la Nación. La política única de certificación que surge a partir de la ley, otorga a dicha oficina la calidad de Certificador Licenciado<sup>95</sup>.

La AR que se incorpora a la estructura de la AC ONTI requiere de un staff integrado por los siguientes roles: un funcionario Responsable de Autoridad de Registro, dos Oficiales de Registros, como mínimo, y un Responsable de Soporte Técnico. Se agregan en el anexo I las funciones a cargo de cada rol. Todos los roles se capacitan en el Ministerio de Modernización de la Nación, respecto a la temática en cuestión, teniendo los Oficiales de Registro que aprobar obligatoriamente un examen que los autoriza a actuar como tales.

La Universidad de Buenos Aires obtuvo su habilitación como Autoridad de Registro de Firma Digital en Diciembre de 2016.

La solución inicial propuesta por la Secretaría General incluía la compra de tokens usb para el almacenamiento de los certificados digitales de cada firmante, la utilización del Acrobat Reader DC como herramienta para la firma digital de documentos PDF, y la generación de un File Server con permisos por carpetas para el almacenamiento de los documentos. El File Server permitiría la navegación por carpeta de los documentos digitales, según su estado de tramitación, Borradores, Documentos Definitivos, Para Firma y Firmados.

Se elaboró un cronograma de tareas en forma conjunta con la Secretaria General, se compraron algunos dispositivos criptográficos y se solicitó ante la ONTI certificados digitales personales para el equipo de trabajo de la CGTIC. Se efectuaron las pruebas correspondientes utilizando como aplicativo de firma el Acrobat Reader DC y el Adobe Reader XI y se determinaron las configuraciones necesarias para operar correctamente la firma digital de documentos PDF.

A partir de la propuesta y las pruebas preliminares se evaluaron otras alternativas, de manera de permitir por una parte, la gestión automatizada y más amigable que genere un workflow entre los firmantes, a partir de documentos definitivos, sin la necesidad de mover documentos por carpetas ni asistir a los firmantes para la identificación de los documentos a firmar y por otro lado la consulta que es llevada a

---

<sup>94</sup> Entidad que tiene a cargo las funciones de recepción de las solicitudes de emisión de certificados y validación de la identidad y autenticación de los datos de los titulares de los certificados.

<sup>95</sup> Persona de existencia ideal, registro público de contratos u organismo público que expide certificados, presta otros servicios en relación con la firma digital y cuenta con una licencia para ello. (artículo 17 de la Ley N° 25.506)

cabo por terceros, de los documentos firmados digitalmente por autoridades y funcionarios de la Universidad.

Desarrollaremos a continuación las características funcionales y técnicas del aplicativo Ypografi.

## 2 La Solución. Características Generales

Ypografi es un aplicativo que permite la gestión de documentos y su firma digital asociada, según la infraestructura de clave pública.

Su nombre en griego significa “firma” y fue diseñado bajo plataforma web.

Es un sistema multidependencia que podrá utilizarse en forma autónoma pero sobre una base de datos centralizada por las distintas unidades administrativas de la Universidad 13 facultades, el Ciclo Básico Común, 4 colegios de enseñanza media, 3 hospitales, la obra social de salud y el Rectorado y Consejo Superior.

El sistema podrá gestionar distintos tipos de documentos: Certificado de Horario Laboral, Certificado de Antigüedad Laboral, Actas de Consejo Superior, Recibo de Haberes, etc..

Cada firmante deberá gestionar ante la Autoridad de Registro (AR) su certificado digital, integrado por una clave pública y otra privada, que se almacenará por software en la pc del firmante o por hardware, a través de un token usb homologado.

En los casos de solicitudes del certificado digital por hardware, el dispositivo de almacenamiento a utilizar debe adaptarse a los requisitos de la política única de certificación de la ONTI, para lo cual se efectuó una evaluación técnica de los dispositivos criptográficos disponibles en el mercado. Se definió que el dispositivo criptográfico que cumple con las especificaciones solicitadas por la ONTI es MS-IDProtect Token USB with Laser PKI 72kb Java Card. El dispositivo seleccionado cuenta con certificación FIPS140-2 Level 3, cumpliendo con las siguientes especificaciones técnicas:

Interfaz	USB 2.0 tipo A - Plug and Play
Memoria para Certificados	72KB (EEPROM)
Plataformas soportadas	Java Card™ 2.2.2 GlobalPlatform™ 2.1.1
Transmisión de datos	ISO7816 - Protocolos T=1 y T=0
Seguridad Física	Tamper Evident
Carcasa	LED indicador de actividad
Algoritmos Soportados Criptográficos	RSA2048, RSA1024, RSA512, 3-DES, DES, AES128, AES192, AES256, GOST 28147-89, GOST 3411, Elliptic Curves (EC_FP, EC_F2M)
Algoritmos de Hashing	SHA-1 - SHA-256 - SHA-384 - SHA-512
Certificados	x509 v3
Criptografía	Random Number Generator (RNG) - FIPS Approved

FIPS	Generación de algoritmos "On Board"
	FIPS 140-2 Level 3 (certificado)
Compatibilidad PKI	Microsoft Crypto API (CAPI) Microsoft Crypto API : Next Generation (CNG) PKCS#11 2.20 (2.01, 2.10 y 2.11) PKCS#1, PKCS#7, PKCS#10 PKCS#15 (opcional) PC/SC
Soporte	VPN y SSLVPN
Resistencia al polvo y al agua	Certificación IP68

El firmante deberá utilizar para la firma su clave privada almacenada en su pc o en un token usb. La clave privada a su vez está protegida por una contraseña que sólo el firmante conoce, de manera que, para cada firma deberá informar la misma. A su vez el dispositivo criptográfico, valida la cantidad de intentos fallidos sobre la contraseña de manera que dejará de funcionar al décimo intento.

La clave privada no es exportable, es decir, no podrá copiarse a otro destino. Ante roturas de la pc del firmante o del token usb, el certificado digital deberá revocarse y se gestionará un nuevo certificado.

El sistema consta actualmente de 3 perfiles, con posibilidad de generar nuevos roles a futuro, Administrativo, Firmante y Superusuario.

El perfil **Administrativo** será asignado a aquellas personas que gestionan la documentación en forma previa y posterior a la firma. Serán los encargados de subir al repositorio los documentos definitivos, sólo en formato PDF, a ser firmados. Por cada documento deberán definirse las siguientes características:

- Nombre del Documento
- Tipo de Documento
- Cadena de Firmantes
- Vinculación con el sistema COMDOC<sup>96</sup>: datos para vincular el documento digital al trámite o expediente en el Sistema Integrado de Seguimiento de Expedientes y Documentos (COMDOC). Informado el número CUDAP<sup>97</sup>, identificador unívoco de cada trámite, y accediendo a través de un webservice, se mostrará el título del Expediente o Trámite Interno. Esta característica es opcional.
- QR de Seguridad. Esta característica genera un identificador unívoco a través de un hash único que permitirá en una etapa final la consulta del documento digital desde un sitio web de la Universidad.

<sup>96</sup> El Sistema Integrado de Seguimiento de Trámites y Documentos es utilizado en la Universidad desde 2010. El sistema COMDOC permite gestionar expedientes, trámites internos, notas, oficios judiciales, comunicaciones internas y pedidos de información pública y realizar su seguimiento a través de una hoja de ruta, de manera independiente del lugar físico donde se originen o transfieran los trámites. El software fue cedido a la Universidad por el Ministerio de Economía de la Nación.

<sup>97</sup> Clave Única de Documentación de la Administración Pública

El documento asumirá un estado “Sin Firmas” y se grabará en la base de datos centralizada en formato binario. A su vez se registrará en la base de datos el contenido del PDF.

De esta forma y haciendo uso de un índice del tipo “Gin”<sup>98</sup>, se permitirán búsquedas por texto de cualquiera de las palabras contenidas en el PDF. También se permiten búsquedas por filtros predefinidos cómo: nombre del documento, tipo de documento y Número CUDAP.

El perfil **Firmante** es asignado a aquellas personas que tienen poder de firma sobre los documentos y como ya dijimos anteriormente deberán poseer un certificado digital vigente.

Los documentos podrán firmarse en forma individual o masiva, pudiendo el firmante en este caso, seleccionar un conjunto de documentos que se firmarán en forma concurrente cuando el firmante presione el botón “Procesar Firma”.

Los documentos podrán previsualizarse a través de la aplicación, de manera que el firmante pueda disponer y navegar el contenido del documento antes de la rúbrica.

El documento firmado asumirá el estado “Firmado No Finalizado” en los casos de firmantes intermedios en la cadena de firmas, quedando disponible para la firma del siguiente rubricante o el estado “Finalizado” con la firma del último firmante.

Solo los documentos en estado “Finalizado” podrán descargarse.

Será necesario instalar en la pc del firmante los siguientes elementos:

- i. Java Runtime Environment (JRE): la herramienta de firma necesita de este componente de software para su ejecución.
- ii. Middleware IdProtect Monitor: encargado de interactuar con el token usb del firmante (sólo para los firmantes con almacenamiento soportado por hardware)

El Perfil **Superusuario** es asignado a aquellas personas responsables de la administración del sistema. Entre las funciones comprendidas más relevantes podemos mencionar las siguientes:

- Administración de usuarios.
- Gestión de los perfiles y privilegios de acceso.
- Administración de los parámetros generales: tipos de documentos, estructura organizacional de dependencias administrativas, asociación de tipos de documentos a las dependencias administrativas.
- Facultad para recuperar un documento que fue eliminado erróneamente y también de eliminar documentos que se encuentren en estado “Finalizado”.
- Acceso al log de errores del sistema, a través de la cual se levantan los mensajes de error e información del sistema.

### 3 Especificaciones Técnicas

#### Ypografi

El aplicativo Ypografi está integrado por tres componentes: el aplicativo web, que permite la gestión del documento a través del workflow de firmas, la herramienta de

---

<sup>98</sup> Generalized Inverted Index

firma y el sitio web de descarga de documentos firmados. Detallaremos a continuación algunas especificaciones técnicas de los componentes:

#### **Aplicación Web**

Para llevar a cabo la construcción del sistema web la CGTIC decidió utilizar el framework PHP Laravel, el cual es de código abierto y se desarrolló utilizando la versión 5.4 del mismo. El framework se eligió por ser uno de los más utilizados y reconocidos dentro del ámbito PHP, por incluir MVC<sup>99</sup> como patrón de diseño y por su facilidad para integrar paquetes a través de composer. Dentro del desarrollo se utilizó la librería de Bootstrap 3, de manera que la aplicación pueda ser visualizada en cualquier tipo de dispositivo.

#### **Herramienta de firma**

Inicialmente en la búsqueda de alternativas de herramientas de firma digital nos contactamos con la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ya que esa institución había implementado la firma digital en diversos procesos. Ellos nos cedieron el código fuente de un applet firmador masivo, el cual había sido desarrollado originalmente por el Consorcio SIU<sup>100</sup>(Sistema de Información Universitaria). El motivo por el cual se utilizó dicho applet fue la posibilidad que otorga para interactuar con el hardware del lado del cliente. En nuestro caso va a interactuar con el token usb, en el cual se almacena el certificado digital del firmante. Debido a que los applets dejaron de tener soporte en la mayoría de los navegadores (solo soportado actualmente en Internet Explorer), se efectuó una reingeniería para utilizarlo con la tecnología “Java Web Start”, otorgando al aplicativo la característica cross-browser.

#### **Aplicación Web de Descarga de Documentos**

Para permitir la descarga de los documentos firmados a través de un código de verificación QR se desarrolló un sitio web utilizando el lenguaje .net C#. Este sitio valida que el documento exista y se encuentre finalizado, es decir, con cadena de firmas completa. A su vez se incorporó un captcha de manera que el documento únicamente se descargue sólo si el mismo se completó en forma correcta, evitando que robots utilicen el servicio. La aplicación web de descarga de documentos utiliza la misma base de datos que la aplicación web.

#### **Base de Datos**

El sistema de gestión de base de datos utilizado es postgresQL 9.4. Dicha elección tiene su sustento en la política de utilización de software de gestión de base de datos de la CGTIC (para entornos Windows SQL Server y para entornos Linux postgresQL) y como consecuencia de la utilización de herramientas de programación de código abierto. Por otra parte, y dado que Ypografi resguarda los documentos digitales en formato binario, ya teníamos experiencia en la utilización del motor postgresQL para dicho propósito. El Sistema Integrado de Seguimiento de Trámites y Documentos (COMDOC) aloja actualmente 140.000 archivos en ese formato presentando alta disponibilidad y eficiencia en la gestión de las consultas.

---

<sup>99</sup> Model View Controller

<sup>100</sup> El SIU es un Consorcio integrado por Universidades Nacionales Públicas Argentinas que desarrolla soluciones informáticas y brinda servicios para el Sistema Universitario Nacional y a distintos organismos de gobierno.

En cuanto al diseño de la base de datos el repositorio Ypografi adoptó el modelo de datos relacional, siguiendo algunos lineamientos que plantea el framework Laravel en cuanto a la utilización de claves primarias subrogadas de manera de aprovechar una mayor performance de búsqueda. Adicionalmente y para salvar la debilidad de esta decisión se instrumentaron algunos mecanismos de validación, definiendo claves alternas foráneas que exigen obligatoriedad de llenado y unicidad y algunos otros criterios de buenas prácticas en el diseño.

#### **Webservice ComDoc**

Para consultar los datos del sistema COMDOC se desarrolló un webservice. El mismo recibe como parámetros de búsqueda el tipo y número de CUDAP<sup>101</sup>. En caso de existir el trámite pretendido el webservice devolverá el título del Expediente o Trámite Interno y luego estos datos se guardarán en la base de datos de Ypografi. El webservice fue desarrollado en .net lenguaje C# y consulta a través de un linked server la base de datos del Sistema COMDOC. Los datos del Sistema COMDOC se encuentran almacenados en una base de datos PostgreSQL.

#### **Seguridad**

Para realizar el proceso de autenticación al sistema Ypografi y dado el esquema de Single Sign On ya implementado (WSO2) a partir del año 2016 para las nuevas aplicaciones desarrolladas por la CGTIC utilizamos el protocolo basado en tokens SAML 2.

Asimismo, y dado que el sitio que alojaría los documentos firmados sería accedido desde internet, se configuró en modo https con certificado SSL y se lo ubicó atrás de un web firewall para sumarle protección a su exposición.

Tanto el sistema Ypografi como el sitio que aloja los documentos firmados cuentan con un esquema de backups con periodicidad diaria, semanal y mensual sobre los sitios webs y las bases de datos.

#### **Infraestructura de Servidores**

En la actualidad el sistema Ypografi presenta la siguiente infraestructura de servidores para desempeñar de forma óptima sus funciones:

<b>Servidor</b>	<b>CPU</b>	<b>Memoria</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Sistema Operativo</b>	<b>Servicio</b>
Aplicación Web Laravel y Base Datos	4 x 2,67 Ghz	4 GB	16+48+16 GB HD	Debian 8	Postgres 9.4
Aplicación Web Descargas Documentos	4 x 2,67 Ghz	6 GB	60 GB. Raid 05 (4x 800GB SAS 10k).	Windows Web Server 2008 R2 64bits	Internet Information Server 7.0

<sup>101</sup> Clave Única de Documentación de la Administración Pública

WebServicio ComDoc	4 x 2,67 Ghz	4 GB	40 GB. Raid 06 (12x 600 SAS 10k)	Windows Web Server 2008 R2 64bits	Internet Information Server 7.0
--------------------	--------------	------	----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------

#### 4 El proceso de firma

A partir de la interacción entre la aplicación web y la herramienta de firma el firmante rubricará los documentos digitales. Detallamos a continuación los pasos a cumplir al momento de la firma:

Desde Componente	Acción
<b>Aplicación Web</b>	1) El firmante accede a la pantalla de firmas, en la cual, solo se visualizarán los documentos que se encuentren en ese momento a la espera de su firma. El firmante selecciona los documentos que desea firmar, uno o varios, y luego presiona el botón "Procesar Firmas". Siempre estará disponible para el firmante la previsualización en línea de los documentos.
	2) El sistema descarga un archivo ejecutable, el cual contiene los parámetros para inicializar la Herramienta de Firma desde la PC del firmante.
	3) El firmante ejecuta el archivo descargado.
<b>Herramienta de Firma</b>	4) Se solicita al firmante que inserte el token (en caso de firmar con un certificado por hardware).
	5) El firmante visualizará todos los certificados disponibles emitidos por AC ONTI y elegirá el certificado que utilizará en la firma actual.
	6) El firmante presiona el botón "Firmar".
	7) Se solicita al firmante que ingrese la contraseña secreta del certificado digital, para permitir el acceso a la clave privada y efectuar la firma del o los documentos seleccionados en la Aplicación Web.
	8) Los documentos PDF se descargan en la PC del firmante.
	9) Los documentos se firman utilizando el certificado digital seleccionado, siempre y cuando se cumplan las siguientes validaciones satisfactoriamente: <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Los únicos certificados digitales válidos son los emitidos por la AC ONTI.</li> <li>ii. Que el certificado se encuentre actualmente vigente.</li> <li>iii. Que el certificado digital no se encuentre revocado al momento de la firma. Para efectuar dicho control</li> </ul>

	<p>descarga la lista de Certificados Revocados (CRL) de la AC ONTI.</p> <p>iv. Por último se efectúa un control cruzado contra el sistema Ypografi, corroborando que el certificado digital con el que se está efectuando la firma, tenga el mismo Cuil que el del usuario logueado en el sistema.</p> <p>Si los controles no son satisfactorios emite un mensaje de error cancelando el proceso de firma actual.</p>
	10) Se suben los archivos PDF firmados digitalmente a la aplicación web y se persisten en forma binaria en la base de datos.
	11) Se informa al firmante que el proceso de firma culminó.
	12) El firmante cierra la herramienta de firma
<b>Aplicación Web</b>	13) El firmante regresa a la aplicación web y refresca la pantalla. Una vez actualizada la pantalla va a mostrarle los documentos PDF pendientes de firma.

A modo de ejemplo y para tener una idea del tiempo requerido por el proceso de firma, la firma de 1.000 documentos demora 23 minutos. Es decir que por cada documento el proceso demanda aproximadamente 1,38 segundos. Este tiempo podrá variar de acuerdo al tamaño del PDF, las especificaciones técnicas de la pc del firmante y de la conectividad de la red.

## 5 Implementación de la Solución

En una institución burocrática, y con una cultura organizacional con mucho arraigo en el manejo del papel y en la firma hológrafa, una de las problemáticas a superar es reconocer como válido un documento firmado digitalmente. La dificultad se presenta cuando al observarlo en papel el mismo carece de sello y firma manuscrita por una autoridad competente.

Debido a lo expuesto anteriormente se decidió incorporar a través del sistema Ypografi, dos elementos al documento PDF, el primero a modo de referencia, mostrará la imagen de un escudo por cada firma, y el segundo mostrará un código QR, el cual contiene un link a través del que se podrá efectuar la descarga digital del documento en cuestión.

Estos elementos se añaden como estrategia para favorecer la disminución de la incertidumbre, que se genera en el receptor al recibir un documento firmado digitalmente sobre un soporte en papel, dado que la firma digital no se puede visualizar.

Tanto el escudo como el código QR se agregan sólo en la última hoja del documento, tomando el uso y costumbre de la firma hológrafa y teniendo en cuenta que se firma una vez que se avala el contenido del documento. Cada escudo indicará el apellido y nombre del firmante, el nombre de la Universidad y la fecha y hora de la

firma, según el huso horario de la República Argentina, como se puede apreciar en la siguiente imagen:



Los escudos se irán insertando, en el margen inferior de la última hoja del documento, de izquierda a derecha hasta un máximo de cuatro, es decir que el escudo de la última firma se visualizará en el extremo del margen inferior derecho. Si hay más de cuatro firmantes sólo se van a mostrar los últimos cuatro escudos.

El código QR se agregará en el extremo del margen inferior izquierdo de la última hoja del documento. El objetivo del código QR es permitir que los receptores del documento puedan descargar el mismo en formato digital. De esta manera podrán constatar que efectivamente el documento está firmado digitalmente. Estos documentos serán accesibles desde internet.

La lectura del código QR sobre el documento en papel se puede hacer a través de un dispositivo móvil o scanner, el mismo contiene un link que redirigirá a un sitio web de la Universidad. En el sitio web, previo a la descarga del documento digital, se deberá completar un Captcha. La descarga se produce siempre y cuando el documento cumpla los siguientes requisitos: exista, no haya sufrido eliminación y se encuentre en estado “Finalizado”, es decir con cadena de firmas cumplida.

De esta forma el receptor podrá comprobar y validar el contenido del documento y las firmas digitales.

A continuación se muestra un ejemplo del contenido del código QR:



<https://fddocs.rec.uba.ar/files/9f8cabe0771054dd4e855de7f69e0fa2806454e74dde56f66a814d227f9f9ade>

Donde <https://fddocs.rec.uba.ar/files/> referencia al sitio web que vincula al repositorio de documentos firmados digitalmente por la Universidad y **9f8cabe0771054dd4e855de7f69e0fa2806454e74dde56f66a814d227f9f9ade** al hash unívoco de identificación del documento.

Por otra parte, tanto para firmar digitalmente como para poder realizar la verificación de la firma digital de un documento, el receptor debe tener instalados el certificado de la Autoridad Certificante Raíz de la República Argentina y el certificado de la Autoridad Certificante de Firma Digital ONTI, ya que los mismos no están incluidos en los sistemas operativos ni en los navegadores.

También se deben efectuar algunas configuraciones sobre el visor de PDF, en nuestro caso el Adobe Reader XI o el Acrobat Reader DC, para que confíe en la firmas de la AC ONTI.

La instalación de los certificados y las configuraciones al visor de PDF se deben efectuar en todos los potenciales receptores de los documentos firmados digitalmente. En principio se definió que el universo UBA es la audiencia prioritaria, es decir, es

necesario permitir que todas las computadoras conectadas a la Red UBA puedan visualizar correctamente las firmas.

Para lograr ese objetivo la CGTIC aplicó las siguientes políticas de grupo de Active Directory sobre las computadoras que se encuentran bajo el dominio de Rectorado, automatizando en 1000 equipos:

- i. La instalación de los certificados de clave pública Raíz y el de la Autoridad Certificante ONTI.
- ii. La configuración del visor de PDF.

Para el resto de las dependencias de la Universidad y la comunidad en general, con el objetivo de favorecer el conocimiento y la divulgación del concepto de Firma Digital y de permitir su correcta visualización desde el visor de PDF, se generaron tres videos de valor comunicativo:

- i. Qué es la Firma Digital
- ii. Configuración del equipo para visualizar las firmas digitales
- iii. Qué contienen los documentos firmados digitalmente en la UBA

Los mismos podrán ser accedidos desde el sitio institucional de la Universidad.

## **5 Perspectivas a Corto y Mediano Plazo**

La solución esta productiva desde Marzo 2017 y la expectativa a corto plazo es la implementación progresiva sobre documentos emitidos por la Secretaria General y la Secretaria de Hacienda y Administración del Rectorado y Consejo Superior de la Universidad. Entre los documentos identificados a ser firmados digitalmente mencionaremos las Actas de sesión del Consejo Superior, las certificaciones laborales de horarios, las certificaciones de antigüedad en el desempeño del cargo y el Recibo de Haberes.

Respecto a la documentación de carácter laboral se está trabajando sobre una interface con el Portal de RRHH, de manera que, a través de la implementación de una ventanilla electrónica, los docentes y no docentes de la Universidad, gestionen las certificaciones correspondientes. Las certificaciones serán firmadas digitalmente por la autoridad competente y remitidas electrónicamente al interesado. Se estima la implementación de este servicio para Mayo 2017.

A mediano plazo se espera avanzar con la implementación en las Unidades Académicas y demás dependencias de la Universidad a partir del requerimiento de las mismas. Hay documentos candidatos a ser incorporados: Constancia de Alumno Regular, Constancia de Materias Aprobadas y el diploma profesional.

A su vez esperamos que la utilización del procedimiento de firma digital en las distintas áreas de la Universidad sea impulsor de esta tecnología, de manera de obtener un efecto contagio multiplicador, que permita avanzar sobre una Universidad más moderna y transparente en sus actos de gobierno.

## 6 Conclusiones

La firma digital es una herramienta tecnológica que garantiza la autoría, integridad y no repudio de los documentos firmados, otorgando la misma característica que la firma holográfica. Asimismo, facilita el intercambio de información segura a través de los canales digitales.

La Ley 25.506 de la República Argentina establece una infraestructura de Firma Digital y la reconoce dentro del ámbito jurídico.

Considerando que esta tecnología se encuentra abarcada dentro de los objetivos del Programa Universidad Abierta y como Gobierno Digital en el ámbito de la Universidad de Buenos Aires, nos encontramos habilitados por la Autoridad de Certificación ONTI para ejercer las funciones de Autoridad de Registro y contamos con una infraestructura que permite la gestión de documentos firmados.

Consecuentemente con ese objetivo se desarrolló y se encuentra productivo el aplicativo Ypografi para la firma digital de documentos electrónicos y un sitio web que permite a partir de un código QR verificar la validez del documento. La firma digital permitirá ahorros sustanciales en el tiempo de los procesos de firma y del papel consumido, fortaleciendo una gestión más eficiente, transparente y sustentable con el medio ambiente. Durante el proyecto se evaluaron y resolvieron algunas cuestiones, para mitigar la resistencia al cambio, en una institución con alto arraigo cultural en la firma manuscrita.

Suponemos una implementación progresiva, en documentos de distinta significatividad, de manera de obtener procesos de firma testigos que permitirán poner en conocimiento de mandos medios y autoridades los mecanismos de firma digital y sus respectivos beneficios.

## Referencias

- [1] Resolución Consejo Superior UBA 8239/2013 del 18/12/2013
- [2] Ley 25.506 FIRMA DIGITAL art.2,  
<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70749/norma.htm>  
15/03/2017

## Anexo I Composición de roles de la Autoridad de Registro.

### Según Política Única de Certificación de la Autoridad Certificante Oficina Nacional de Tecnologías de Información. V2.0 Diciembre 2014

#### Responsable de Autoridad de Registro

Es la persona que asume ante la Autoridad de Certificación licenciada la responsabilidad de cumplir las exigencias de implementación de la AR. Asimismo, es

el responsable de designar a los agentes que actuaran como Oficiales de Registro en dicho organismo y de notificar las modificaciones en los roles mencionados.

**Oficial de Registro**

Es quien realiza el proceso de identificación de los solicitantes de certificados como paso previo a la emisión de los mismos validando la documentación presentada por estos. También interviene en los casos de requerimientos de revocaciones.

Para ejercer este rol, es requisito que el Oficial de Registro posea un certificado de firma válido emitido por la AC ONTI donde su clave privada esté resguardada en un dispositivo criptográfico que cumpla con el estándar FIPS 140-2 nivel 2 Overall o superior.

Cada AR constituida en la estructura de la AC ONTI licenciada debe tener por lo menos dos Oficiales de Registro.

**Responsable de Soporte Técnico de Firma Digital**

Es el responsable de instruir y asistir a los solicitantes y suscriptores en la tramitación de los servicios provistos por el Certificador y así como también acerca de las buenas prácticas en la utilización de la tecnología de firma digital. Además es el responsable de su difusión a los usuarios de esa AR y de instruirlos en el manejo de la operatoria de la tecnología de firma digital de las distintas aplicaciones que requieran su uso.



## Hacia un sistema de ayuda a la decisión para universidades: Caso de uso de la Universidad de Cuenca

Carmen Rojas Muñoz<sup>a</sup>, Víctor Saquicela Galarza<sup>b</sup>,

a Universidad de Cuenca, Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación,  
Cuenca, Ecuador

[carmita.rojas@ucuenca.edu.ec](mailto:carmita.rojas@ucuenca.edu.ec)

b Universidad de Cuenca, Departamento de Ciencias de la Educación, Cuenca,  
Ecuador

[victor.saquicela@ucuenca.edu.ec](mailto:victor.saquicela@ucuenca.edu.ec)

**Resumen.** Actualmente la Universidad de Cuenca cuenta con varios sistemas informáticos que generan grandes cantidades de datos, esto representa una heterogeneidad desde diferentes puntos de vista tales como: base de datos, lenguajes de programación, esquemas, datos, etc. Esta heterogeneidad ha generado que cada sistema informático funcione de manera autónoma, ocasionando que el acceso a los datos de manera integrada se convierta en un cuello de botella, puesto que cada sistema posee su propio listado de informes de manera aislada. Por lo que, emitir informes integrados a partir de los sistemas se ha convertido en todo un reto. Por lo tanto, en este trabajo se propone la creación de un DataWarehouse donde se integre los datos de todos los sistemas informáticos para poder emitir informes consolidados y a futuro poder extraer conocimiento. Para lograr esta integración se propone la utilización conjunta de metodologías y tecnologías de: creación de DataWarehouse, desarrollo ágil (SCRUM) y BPMN.

**Palabras Clave:** DataWarehouse, Datamart, Hefesto, decisiones, indicadores, educación superior

**Eje temático:** Este trabajo ha sido realizado con la finalidad de proveer ayuda a en la Gestión, por tanto, se posiciona en el eje temático: Soluciones TIC para la Gestión.

### 1 Introducción

Hoy en día, la Universidad de Cuenca, cuenta con 16 sistemas de información, los mismos que día a día generan gran cantidad de información, esta se almacena en las bases de datos de los sistemas: académicos, de investigación, y de gestión con los que cuenta la Universidad de Cuenca. Sin embargo, el gran problema radica en la falta de integración de los sistemas, puesto que no existe una base de datos única y centralizada que permita obtener fácilmente la información de forma rápida y confiable, información que es necesaria para que las autoridades puedan tomar decisiones, para obtener la información correspondiente a los indicadores establecidos por los organismos de gobierno y para realizar una autoevaluación de la calidad de la Institución, permitiendo establecer sus logros, fortalezas, dificultades y debilidades.

Por lo antes mencionado, es necesario que la Universidad de Cuenca implemente una herramienta para integrar, depurar y procesar los datos, con el objetivo de poder

realizar análisis de la información desde diferentes puntos de vista, convirtiéndose en la herramienta ideal para la toma de decisiones en cualquier área de la Institución basado en información integrada y global y principalmente con el objetivo de poder obtener la información necesaria para todos los indicadores solicitados por los organismos de control para un proceso de evaluación y acreditación, a través del presente trabajo se planteó la elaboración de un DataWarehouse para la Universidad, el mismo que fue implementado en base a un profundo análisis de las necesidades de cada una de las áreas de la Institución. El DataWarehouse integra toda la información y está disponible en línea para todas las autoridades y quienes trabajan diariamente con la información para la toma de decisiones. A través de este trabajo se definió el modelo para la construcción de un sistema de ayuda a la toma de decisiones que ha servido para la Universidad de Cuenca y ser replicado por otras por todas la Universidades del País.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 describe los antecedentes referentes a los conceptos de DataWarehouse, y también se describe casos similares en Latinoamérica, en Europa y en los Estados Unidos; la sección 3 detalla cómo se define la metodología utilizada para la construcción del DataWarehouse y en qué consiste cada componente que hace parte de la arquitectura definida. Finalmente, en la sección 4 se describen algunas conclusiones sobre el desarrollo del trabajo y los trabajos futuros.

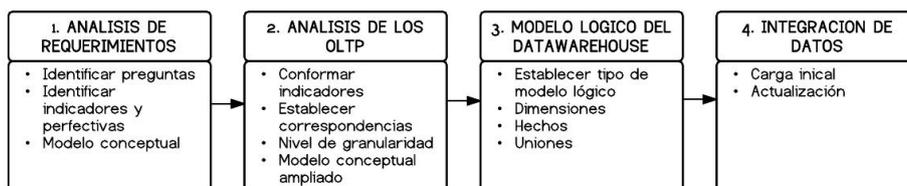
## **2 Antecedentes y trabajos relacionados**

En esta sección se describen los conceptos principales sobre las metodologías para el desarrollo de un DataWarehouse y se analizan algunos trabajos relacionados que guiarán la descripción del trabajo.

### **2.1 Antecedentes**

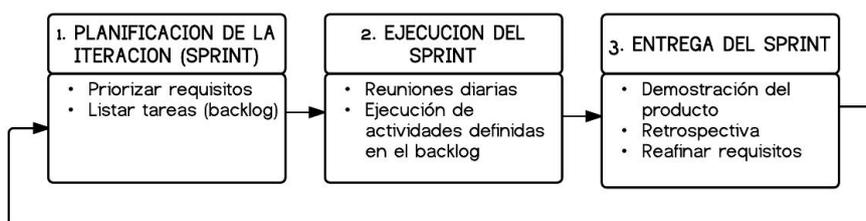
Para el desarrollo de un DataWarehouse, existen algunas metodologías, entre ellas están: Inmon, Kimball [1] y Hefesto [5]. La metodología de Bill Inmon señala que se debe partir de un DataWarehouse para luego llegar a los Datamarts [17], es decir será una metodología top-down; por otro lado, Ralph Kimball propone su metodología de forma contraria a Inmon es decir se partirá de los Datamarts para llegar a construir el DataWarehouse [4], siendo entonces una metodología bottom-up. Por otro lado, la metodología Hefesto, la cual se escogió para el desarrollo de este trabajo, por su parte plantea una combinación entre las dos metodologías (Inmon y Kimball) y permite implementar el DataWarehouse partiendo de los requerimientos de los usuarios para construir un esquema lógico, y la definición de los procesos ETL [5]. La figura 1, indica gráficamente cada uno de los pasos de la metodología Hefesto. El primer paso de Hefesto da como resultado las preguntas claves para los usuarios y el modelo conceptual del DataWarehouse. En el segundo paso se analizan las fuentes OLTP para establecer cómo se calculan los indicadores y las correspondencias con el modelo lógico definido con cada uno de los campos que se incluirían en cada perspectiva. El tercer paso, a partir del modelo conceptual se define el tipo de modelo que se utilizara

y se definen las tablas de hechos y de dimensiones y las respectivas uniones entre las tablas. El paso final de Hefesto consiste en poblar con los datos las tablas definidas en el modelo lógico, a través de un proceso ETL (extracción, transformación y carga), de manera que en el DataWarehouse se almacenen los datos sin errores.



**Figura 1:** Metodología Hefesto

Al hablar del desarrollo de proyectos de software, existen varias metodologías, sin embargo, una metodología ágil que permite interactuar con el cliente y entregar resultados parciales de manera que éste se sienta satisfecho y comparta sus inquietudes, incluso para solicitar cambios durante el desarrollo del proyecto. SCRUM es una metodología ágil que permite establecer iteraciones cortas de desarrollo, denominadas Sprints. Se planifica cada sprint y durante su desarrollo se realizan reuniones diarias para revisar el avance de las tareas. Al final de cada iteración se realiza una retrospectiva y la entrega al cliente de manera que pueda revisar los resultados del proyecto. En la figura 2, se visualiza cómo funciona la metodología SCRUM. En la planificación de cada iteración se priorizan los requisitos, lo que da como resultado una lista de tareas. En la ejecución misma del sprint se dan reuniones diarias entre los miembros del equipo y se ejecutan cada una de las tareas definidas, por último, se realiza la entrega del producto resultado de la iteración y los clientes pueden refinar los requisitos para mejorar el producto presentado.



**Figura 2:** Metodología ágil de desarrollo de proyectos SCRUM

Con respecto a los procesos del negocio, es importante que una empresa pueda modelar sus procesos, los mismos que son una colección de actividades o tareas que están relacionadas para lograr un objetivo y producir un servicio o producto del negocio. En este trabajo para modelar los procesos ETL (extracción, transformación y carga), se utilizó BPMN, puesto que provee una notación gráfica para definir y entender un proceso de negocio de la empresa de manera fácil, entendible y estándar.

Basado en lo descrito anteriormente, un reto que se presenta es la integración de Hefesto, SCRUM y BPMN, lo que permitirá generar un proceso (BPMN) unificado de creación de un DataWarehouse (Hefesto) de manera ágil (SCRUM) que permita a futuro ser reproducido por otras universidades.

## 2.1 Trabajos relacionados

Se analizaron varios casos sobre el uso de un DataWarehouse en una empresa, concluyendo que este tipo de soluciones son útiles para la toma de decisiones. Se pudo observar que un DataWarehouse puede ser aplicado en cualquier empresa no importa cuál sea su actividad, se pudo ver que existen este tipo de sistemas en empresas de actividad financiera [6] para examinar a sus deudores y cartera vencida, o para empresas sanitarias [9], en donde se considera fundamental dotar de un sistema para la toma de decisiones para los directivos. En todos los casos analizados, el resultado ha sido de éxito, puesto que se eliminaron tareas manuales y se tiene disponibilidad en línea de los datos a través de los informes y cuadros de mando generados para los usuarios.

Con respecto a la aplicación de este tipo de sistemas en la educación y principalmente en la educación superior, se encontraron algunos casos como por ejemplo la implementación de sistemas para la toma de decisiones en el ámbito universitario de Argentina [10], este proyecto señala que trabajar con un DataWarehouse simplifica procesos para tomar decisiones, puesto que el acceso es fácil y es beneficios para el usuario que pueda hacer sus propias consultas. Se revisó también el análisis del rol del datawarehousing en la educación superior [14], en este artículo se examina las metas y retos de las universidades con respecto al manejo de la información, necesaria para la toma de decisiones y para planificar estratégicamente. Plantea que un DataWarehouse puede servir como una herramienta para la gestión del conocimiento en el área académica, puesto que almacenará gran cantidad de información útil y necesaria para el soporte de la toma de decisiones. Un paper más analizado de la Universidad de Phoenix: "Driving decisions through academic analytics [15], en este estudio se indica que todas las Universidades buscan tener una herramienta que les permita realizar el análisis de información relevante que le permita tomar decisiones acertadas. Luego de este trabajo pudieron observar que la institución puede crear sus propios indicadores y evaluarlos a través de una herramienta amigable sobre la cual deben estar bien capacitados para que sea de gran utilidad.

Por todo lo antes mencionado, se pudo ver que un DataWarehouse hoy en día es de gran ayuda para la toma de decisiones de los más altos directivos de una empresa, por lo que se llegó a la conclusión de que el desarrollo e implementación del DataWarehouse para la Universidad de Cuenca permitirá también obtener los indicadores necesarios para que las autoridades de la Institución puedan tomar decisiones en base a información segura, oportuna y confiable.

### 3 Proceso de construcción e implementación del DataWarehouse

En esta sección se describe la arquitectura propuesta para el desarrollo del DataWarehouse, para ello se utiliza un ejemplo práctico sobre un Datamart específico. Este Datamart guiará todo el proceso propuesto.

#### 3.1 Arquitectura del DataWarehouse

La figura 3 visualiza la arquitectura definida para la construcción del DataWarehouse de la Universidad de Cuenca. Como se puede observar en la figura se combina la metodología Hefesto, la metodología ágil SCRUM para desarrollo de proyectos y la notación BPMN para la construcción del DW. Esto se hizo con el objetivo de obtener un producto que esté acorde a las necesidades del usuario, puesto que con la participación activa del usuario con el equipo de desarrollo permite avanzar y ganar tiempo y esfuerzos al detectar los posibles errores durante la aplicación de la metodología Hefesto. Por otro lado, la notación BPMN al ser estándar y conocida permite leer más rápidamente como se modeló cada uno de los procesos ETL para la construcción del DataWarehouse. Con la combinación descrita anteriormente, se pretende demostrar que el uso de SCRUM conjuntamente con Hefesto permite obtener productos mejorados por cada sprint ejecutado, lo cual permite detectar rápidamente errores o cambios en los requerimientos. Además, el uso de las anotaciones BPMN sobre los ETL permiten gestionar de manera efectiva todo el proceso de construcción del DataWarehouse.

A continuación, se explica cada uno de los componentes de la arquitectura; aplicados en la construcción del Datamart que contiene los datos de la evaluación del desempeño del docente. Todos los Datamarts definidos fueron construidos aplicando esta metodología.

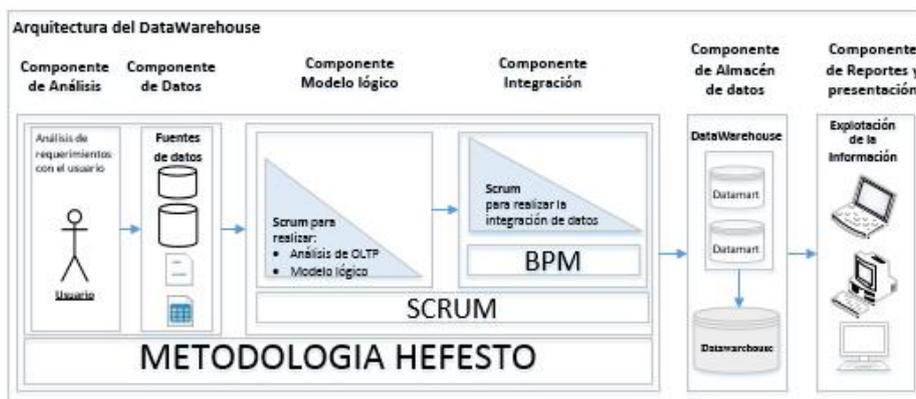


Figura 3: Arquitectura del DataWarehouse

### 3.1.1 Componente de Análisis

Este componente pertenece a la primera fase de la metodología Hefesto para la construcción de cada uno de los Datamart, estos Datamarts fueron definidos luego de realizar entrevistas, encuestas a los usuarios de las áreas más importantes de la Universidad de Cuenca. Resultado de este proceso se obtuvo la tabla 1, donde se listan las dependencias analizadas y los Datamarts con sus respectivos indicadores. La metodología Hefesto inicia identificando los requerimientos de los usuarios, puesto que ellos serán quienes den la pauta de lo que se espera del almacén de datos. Adicional a las entrevistas realizadas con los usuarios, se procedió también a revisar los indicadores solicitados por los organismos de control el Consejo de Educación Superior (CES)<sup>102</sup> y el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEACES)<sup>103</sup> para la evaluación y acreditación de las instituciones de nivel superior dando como resultado un listado de indicadores más representativo que sirvan tanto para la toma de decisiones interna como para justificar los indicadores dentro de un proceso de evaluación de instituciones de educación superior.

**Tabla 1.** Datamarts e indicadores establecidos para el DataWarehouse

Dependencias	DataMart	Indicadores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facultades</li> <li>• Consejo Académico</li> <li>• Direcciones de carrera</li> </ul>	Datamart de Grado o carreras	Promedios de estudiantes por periodo lectivo y por carrera
		Número de estudiantes por grupo ofertado y por docente en un periodo lectivo
		Número de Matriculados x Carrera en un periodo lectivo
		Estudiantes nuevos matriculados por carrera en un periodo lectivo
		Número de estudiantes graduados por periodo lectivo y por carrera
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comisión de Evaluación Interna</li> </ul>	Datamart de Evaluación del docente	Calificación de los docentes por carrera, facultad y proceso de evaluación
		Calificación obtenida por los docentes según el actor y función
		Porcentaje de participación en los procesos de evaluación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección de</li> </ul>	Datamart de Talento Humano	Número de contratos ocasionales por años y mes

<sup>102</sup> <http://www.ces.gob.ec>

<sup>103</sup> <http://www.ceaaces.gob.ec>

Talento Humano		Número de servidores en calidad de asesores
		Número de vacantes del área administrativa
		Número de docentes que han migrado a estudiar en el extranjero
		Número de servidores desvinculados de la Institución por año y mes
		Número de solicitud de permisos según el motivo, solicitadas por los servidores universitarios
		Número de sanciones según el régimen disciplinario
		Número de docentes según su formación por año
		Número de horas asignadas a los docentes por actividad
		Total de Salarios
		Número de servidores universitarios con capacidades diferentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirección de Posgrados</li> </ul>	Datamart de Posgrados	Promedios de estudiantes por periodo lectivo y por programa de posgrado
		Número de matriculados por programa de posgrado y por año
		Número de posgrados aprobados y en ejecución por año
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirección de Evaluación</li> <li>Dirección de Planificación</li> </ul>	Datamart de Proyectos	Número de participantes por proyecto por dependencia y por año
		Total de presupuesto por proyecto por dependencia y por año
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirección de Investigación</li> </ul>	Datamart de Investigación	Número de publicaciones por docente y por año
		Número de proyectos de investigación: presentados y aprobados por año
		Presupuesto de proyectos de investigación por año

En el caso particular de este trabajo se describe el Datamart de evaluación docente en el cual se identificaron las siguientes preguntas:

1. Se desea conocer la calificación que han obtenido los docentes durante cada proceso de evaluación, según la facultad y la carrera. En otras palabras “Calificación obtenida por un docente en una carrera y facultad en un proceso de evaluación determinado”.
2. Se desea conocer la calificación que han obtenido los docentes durante cada proceso de evaluación, según el actor y la función. En otras palabras “Calificación obtenida por un docente por parte de un actor en una función, en un proceso de evaluación determinado”.
3. Se desea conocer la participación de los docentes evaluados y evaluadores en cada facultad y carrera, en cada proceso de evaluación. En otras palabras “Número de participantes en el proceso de evaluación, por facultad y carrera en cada proceso de evaluación”.

A partir de las preguntas, se identificaron los indicadores, es decir: los valores numéricos que representan lo que se va a analizar y las respectivas perspectivas utilizadas para los análisis, estos se pueden revisar en la tabla 2.

**Tabla 2.** Indicadores y perspectivas para el Datamart de evaluación

Indicadores	Perspectivas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calificación</li> <li>• Porcentaje de participación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Docentes</li> <li>• Facultades</li> <li>• Carreras</li> <li>• Actores</li> <li>• Funciones</li> <li>• Tiempo (proceso de evaluación)</li> </ul>

### 3.1.2 Componente de Datos

En este componente se realiza un análisis de todas las fuentes que están disponibles para la obtención de los datos para cada uno de los posibles Datamarts. La Universidad de Cuenca almacena los datos en diferentes tipos de bases de datos, entre las cuales están Oracle, DB2 sobre un AS400, Mysql y Postgresql, además en algunas dependencias y facultades existe información en archivos de Excel. Para el caso de estudio de este trabajo se detectó que los datos se almacenan en dos bases de datos distintas, la información correspondiente a la academia está en Oracle y la información sobre los docentes está en DB2 sobre un AS400.

Basado en los indicadores y perspectivas definidos en el componente de análisis se realizó un análisis exhaustivo de las bases de datos para identificar si es posible responder a las preguntas planteadas por los usuarios, concluyendo que efectivamente las bases de datos contienen la información suficiente para construir el Datamart de evaluación docente.

### 3.1.3 Componente modelo lógico

Continuando con los pasos de la metodología Hefesto (segundo paso), lo siguiente es la construcción del modelo conceptual del Datamart a partir de los indicadores y perspectivas identificadas en el paso anterior. Para el componente del modelo lógico se inició con el uso de la metodología de desarrollo de proyectos SCRUM, con una iteración para el análisis de los OLTP y la elaboración del modelo lógico. Es decir, basado en la tabla 1 se crea un listado de productos (análisis de OLTP, elaboración del modelo lógico, granularidad, etc) que se insertan en un sprint, el cual será ejecutado por un grupo de personas (5).

Continuando con la aplicación de la metodología para el caso de estudio, en la figura 4 se puede visualizar el modelo lógico, en donde se indica que la relación que une las perspectivas con los indicadores requeridos por los usuarios se la llama evaluación.



**Figura 4:** Modelo conceptual del Datamart de evaluación

Otra actividad que es parte del componente modelo lógico y que se realizó durante el primer sprint fue el análisis de las fuentes OLTP con el fin de determinar la relación entre el modelo lógico y las fuentes de datos; y para determinar cómo se conformaron cada uno de los indicadores identificados por los usuarios. En la tabla 3, se puede observar cómo se realizó la conformación de los indicadores para el caso del Datamart de evaluación.

- “Número de participantes”  
Este indicador se obtiene de contar cuantos evaluadores y evaluados participaron en el proceso de evaluación.
- “Calificación del docente”



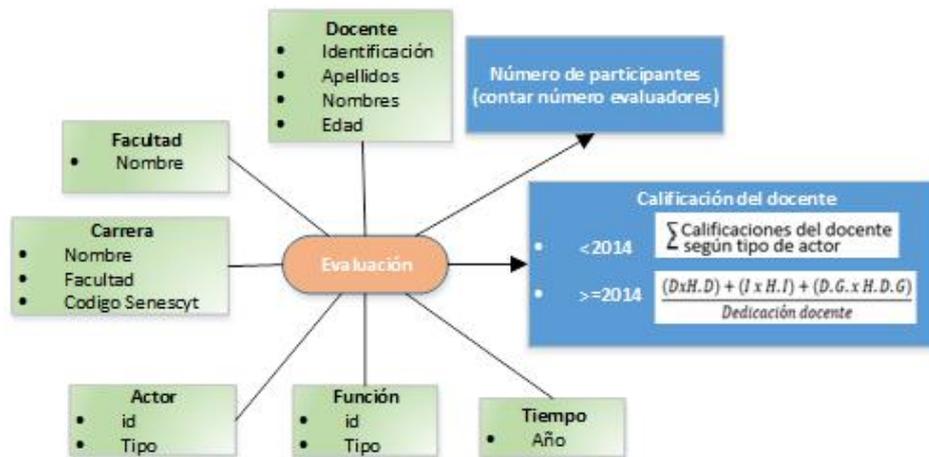
**Figura 5:** Correspondencias para el indicador de calificaciones del Datamart de evaluación

La siguiente actividad realizada, correspondiente al segundo paso de Hefesto fue establecer el nivel de granularidad, esto es definir los campos más relevantes para cada perspectiva, que fueron utilizados para filtrar los indicadores. En el caso específico de la evaluación del docente, primero se analizó el diccionario entidad-relación y el diccionario de datos para definir los campos de cada perspectiva. Como ejemplo en la tabla 4, se puede visualizar como se concibieron los campos para las perspectivas docente y facultad. Además, el ámbito de la perspectiva tiempo se definió que es anual, puesto que un proceso de evaluación en la Universidad se lo realiza cada año lectivo.

**Tabla 4.** Nivel de granularidad para las perspectivas docente y facultad para el Datamart de evaluación

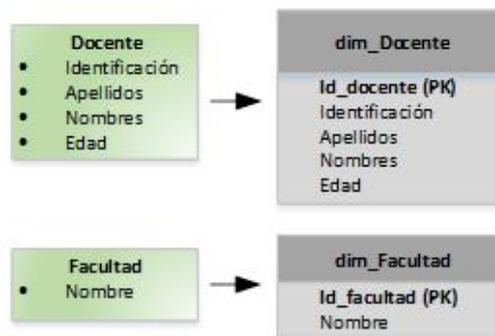
Perspectiva	Campos	Diagrama entidad-relación
Docente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• person_id</li> <li>• apellidos</li> <li>• nombres</li> <li>• edad</li> </ul>	adminuc.personas_naturales
Facultad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• descripción</li> </ul>	adminuc.dependencias

Luego de analizados los campos de las perspectivas, el siguiente paso realizado en el sprint ejecutado para el componente modelo lógico, fue establecer el modelo conceptual ampliado, indicando gráficamente los campos de cada perspectiva y la fórmula de cálculo para cada indicador. La figura 6, muestra cómo se estableció este modelo lógico ampliado para el caso de estudio.

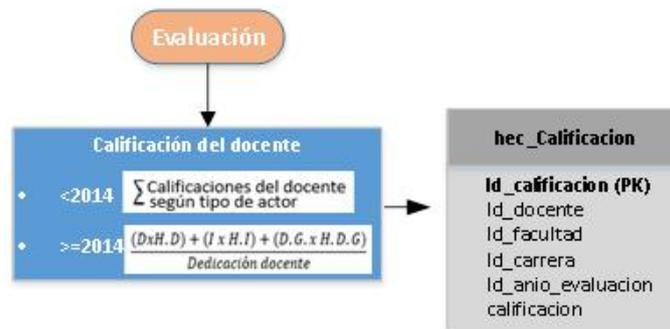


**Figura 6.** Modelo conceptual ampliado para el Datamart de evaluación

Para finalizar el sprint, la siguiente actividad fue confeccionar el modelo lógico de la estructura del DataWarehouse, en base al modelo conceptual establecido en el paso anterior. Lo primero que se definió fue el tipo de esquema a utilizar, el mismo que para el caso de evaluación; sería el esquema estrella, por lo que se transformaron las perspectivas en dimensiones y los indicadores en hechos. En las figuras 7 y 8 se puede visualizar algunas de las tablas de dimensiones y de hechos definidos para el Datamart que se ha tomado como ejemplo en este trabajo.



**Figura 7.** Ejemplos de tablas de dimensiones para el Datamart de evaluación



**Figura 8.** Tabla de hechos para obtener la calificación del docente para el Datamart de evaluación

Cada ejecución de un sprint genera un producto, que en este caso son los modelos lógicos de datos multidimensionales ampliados con sus respectivas descripciones. Si en una posterior revisión por parte del usuario se detectan errores o inconsistencia, en el nuevo sprint se considerarán estos nuevos desafíos a ser considerados lo que permitirá obtener mejores productos.

### 3.1.4 Componente Integración

Una vez que se tiene el modelo lógico, en el componente de integración se procede a poblar el DataWarehouse con los datos obtenidos de los sistemas operacionales, sin embargo, los datos deben pasar por un proceso (ETL) de limpieza para evitar datos anómalos que no deben existir en el DW. En este componente se continúa con la metodología Hefesto y con el uso de SCRUM, no obstante, en este componente se ejecutó una iteración o sprint para la construcción de cada proceso ETL, necesarios para la creación del almacén de datos; y es en este punto que se utilizó la notación BPMN, para modelar cada uno de estos procesos ETL.

En la figura 9 se puede ver como se modeló con la notación BPMN el proceso ETL para la carga de datos de las calificaciones de los docentes y la figura 10 muestra el proceso ETL que se ejecutó para la carga inicial. Una vez pobladas las dimensiones y hechos, se procedió a la creación de los cubos multidimensionales. La figura 11, muestra un ejemplo del cubo llamado calificaciones.

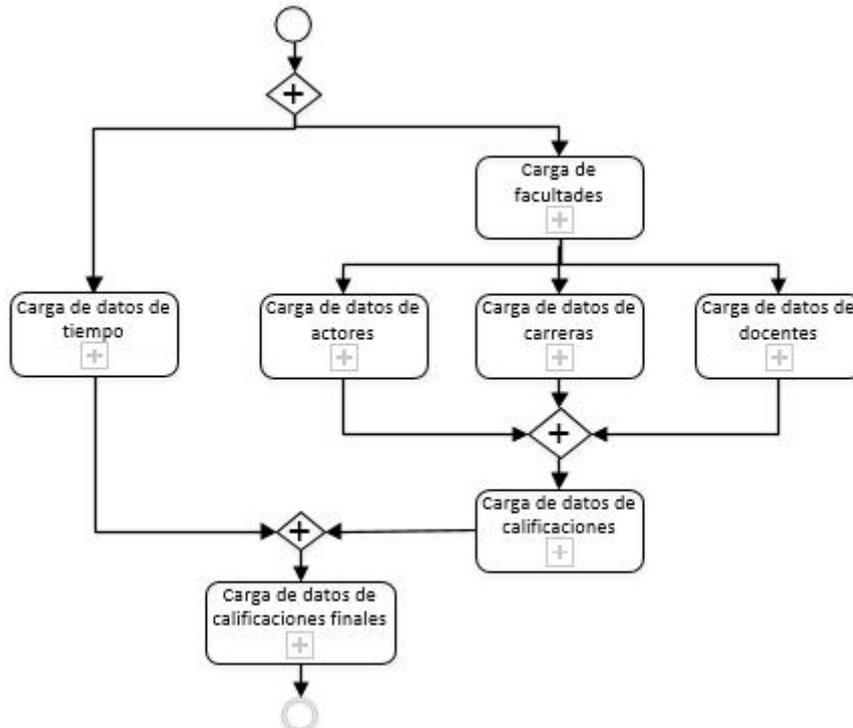


Figura 9. Modelado con BPMN del proceso ETL para calificaciones

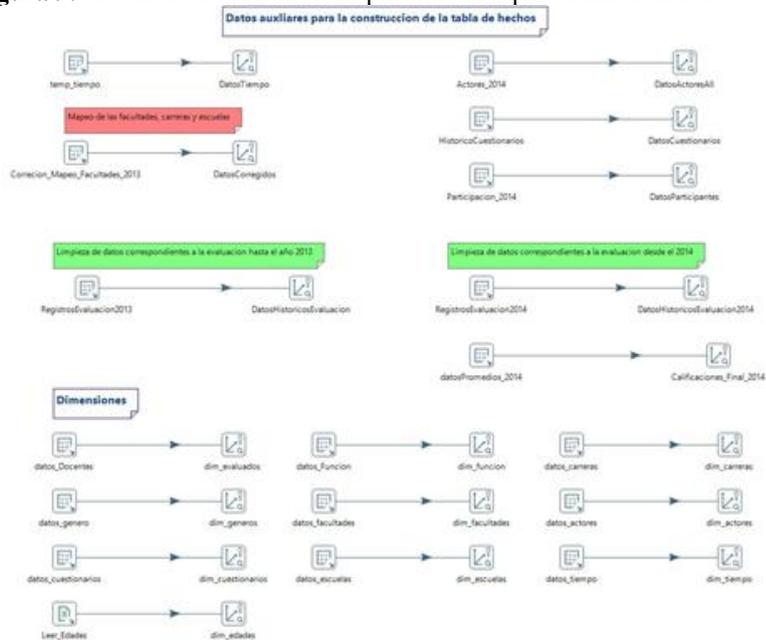


Figura 10. Elaboración del proceso ETL para la carga de datos

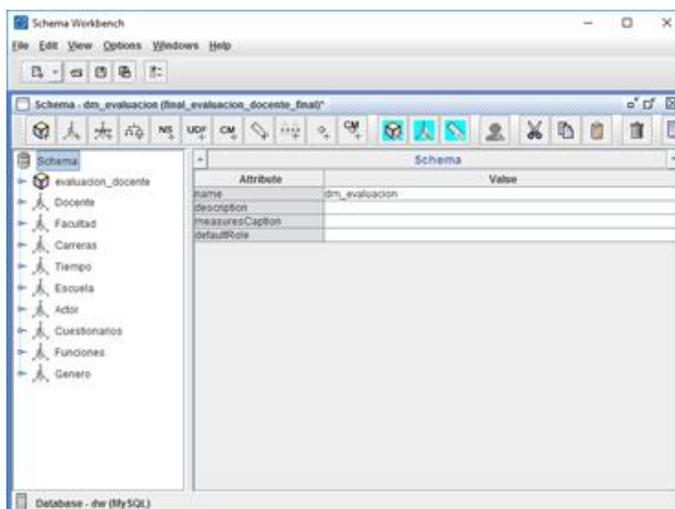


Figura 11. Cubo elaborado para las calificaciones de los docentes

Los procesos ETL modelados con BPMN se han ejecutado en un sprint diferente al mencionado en el componente del modelo lógico, puesto que se está experimentando con dos grupos de personas y se considera que el poblado del modelo puede ser independiente del modelamiento lógico, de todas maneras, a futuro se pretende mezclar estos dos componentes en un solo sprint.

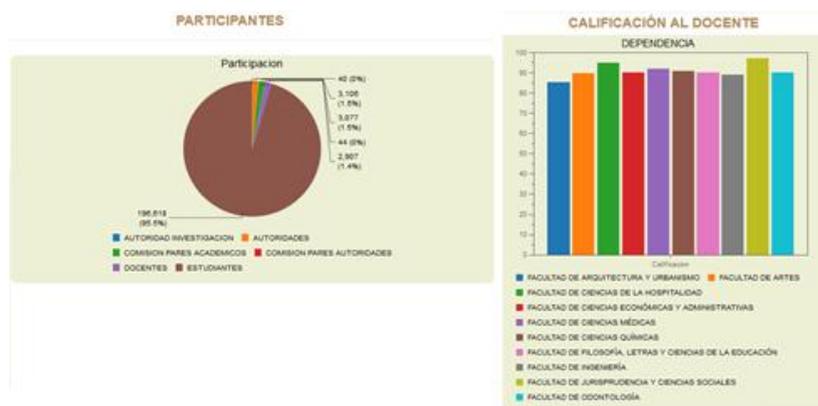
### 3.1.5 Componente de almacén de datos

El componente de almacén de datos, se refiere al DataWarehouse como tal, es decir es el repositorio de los datos que resulta del componente de integración y que forma cada uno de los datamart del DataWarehouse. Para el caso del ejemplo durante todo este proyecto este componente se trata del datamart de evaluación. En el caso específico de la Universidad de Cuenca, el almacenamiento centralizado de datos se realiza utilizando un modelo de DataWarehouse en estrella sobre una base de datos relacional (Postgresql). En esta base de datos se realiza todas las configuraciones de optimización que permiten a los modelos multidimensionales un rendimiento óptimo.

### 3.1.6 Componente de Reportes y presentación

Este componente es el más importante para los usuarios, puesto que es a través de éste donde el usuario interactúa con el almacén de datos para obtener sus reportes y datos necesarios para la toma de decisiones. Este componente fue implementado con la

herramienta Pentaho<sup>104</sup>, para que los usuarios puedan acceder a la herramienta primero se definió el nivel de acceso a la información creando roles para este efecto y los cubos respectivos. Se crearon para usuarios que únicamente puedan acceder a reportes y otros roles para que puedan realizar el análisis de la información. Así también se definió el acceso por cada uno de los datamarts implementados.



**Figura 12.** Ejemplos de reportes que se encuentran para el Datamart de evaluación

Este componente también está considerado dentro de cada uno de los sprints, puesto que son los usuarios los que validan el resultado final. Producto de reuniones con los usuarios permite establecer los productos para el nuevo sprint, en el cual se registran mejoras, errores o inconsistencias.

## 4 Conclusiones y trabajos futuros

Es importante reconocer que un DataWarehouse es alimentado por todos los datos que resultan de la operación diaria de los sistemas; sin embargo, todos estos datos deberán pasar por procesos de limpieza para que sean de utilidad para la toma de decisiones. Para el caso de la evaluación del desempeño del docente en la Universidad de Cuenca, los usuarios han quedado satisfechos, debido a que luego de realizar una validación del producto, han concluido que ahora cuentan con los datos necesarios para poder analizar la información de cada proceso de evaluación de manera más rápida y eficaz.

La arquitectura definida para la construcción del DataWarehouse fue bastante útil, puesto que la aplicación de la metodología Hefesto combinada con la metodología de desarrollo Scrum, permitió una mejor planificación y avance del trabajo, con la colaboración cercana y activa de los usuarios, ayudando de esta manera a corregir incidentes y errores a tiempo, sin pérdida de tiempo ni de recursos. El uso de la notación BPMN para modelar los procesos ETL para la integración de datos, al ser

<sup>104</sup> <http://www.pentaho.com/v2>

una notación estándar y gráfica ayudó a que los usuarios puedan comprender de manera fácil y rápida cada uno de los procesos.

En cuanto a los trabajos futuros, se pretende refinar el proceso dentro de la arquitectura propuesta, como, por ejemplo, definir los sprints basado en todos los pasos de Hefesto incluyendo también el modelamiento del BPMN del proceso ETL. Esta unificación total permitirá definir un proceso genérico de creación de un DataWarehouse para universidades, además se pretende probar en otros dominios.

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue realizado como parte de los requisitos, previo a la obtención del título “Master en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información” impartido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca, por esta razón a través del presente se expresa un profundo agradecimiento a todos quienes son parte de la Dirección de posgrados de la facultad de Ingeniería y a la Facultad como tal.

## Referencias

1. Breslin, M. (2004). Data warehousing battle of the giants. *Business Intelligence Journal*, 7.
2. Calabria Sarmiento, J. C. (2011). Construcción y poblamiento de un DataWarehouse basado en el paradigma de bases de datos objeto relacional.
3. Brizuela, E. I. L., & Blanco, Y. C. (2013). Metodologías para desarrollar Almacén de Datos. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 7(3), 3-12.
4. Ross, M., & Kimball, R. (2013). *The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling*. Wiley.
5. Bernabeu, R. D. (2010). Hefesto–Data warehousing: Investigación y sistematización de conceptos–Hefesto: Metodología para la construcción de un data warehouse. Córdoba, Argentina.
6. Lozada Peñafiel, X. N., & Cruz Tamayo, H. D. (2014). Análisis, diseño, construcción e implementación de un data warehouse para toma de decisiones y construcción de los KPI, para la empresa Kronosconsulting Cia Ltda (Doctoral dissertation, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Sistemas e Informática.).
7. Aránega Hernández, A. (2015). Almacenes de datos: Análisis de ventas de una compañía (Master's thesis, Universitat Oberta de Catalunya).
8. Castillo Hernández, I. (2014). Diseño, elaboración y explotación de un data warehouse para una institución sanitaria (Bachelor's thesis, Universitat Oberta de Catalunya).
9. Menéndez, M., & de Lujan Gurmendi, M. (2012). Sistemas para la toma de decisiones en el ámbito universitario. Coordinador Sistemas para la toma de decisiones–Consortio SIU, Directora Ejecutiva–Consortio SIU.
10. La Red Martínez, D. L., Acosta, J. C., Cutro, L. A., Uribe, V. E., & Rambo, A. R. (2010). Data warehouse y data mining aplicados al estudio del rendimiento académico y de perfiles de alumnos. In XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
11. Matamala, C. Z., Díaz, D. R., Cuello, K. C., & Leiva, G. A. (2011). Análisis de rendimiento académico estudiantil usando data warehouse y redes neuronales/Analysis of students' academic performance using data warehouse and neural networks. *Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería*, 19(3), 369.
12. Dell'Aquila, C., Di Tria, F., Lefons, E., & Tangorra, F. (2007, August). An academic data warehouse. In *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Applied Informatics And Communications* (pp. 24-26).
13. Guan, J., Nunez, W., & Welsh, J. F. (2002). Institutional strategy and information support: the role of data warehousing in higher education. *Campus-wide information systems*, 19(5), 168-174.
14. Pirani, J. A., & Albrecht, B. (2005). University of Phoenix: Driving decisions through academic analytics. EDUCAUSE Center for Applied Research.
15. Bustamante, J. T. (2015). Inteligencia de Negocios. Una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en operaciones militares.
16. Bissi, W. (2007). SCRUM-Metodologia de desenvolvimento ágil. *Campo Digital*, 2(1), 03-06.

17. Inmon, W. H. (2002). Building the Data Warehousing.
18. Gallego, M. T. (2012). Metodología Scrum. Gestión de Proyectos Informáticos, <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612memoria.pdf>



## Simplificando el acceso a las plataformas en la Universidad de Buenos Aires – Integración de Campus Virtual con Sistema de Gestión Académica

Gabriela Bucceri<sup>a,1</sup>, Gustavo Hernán Schneider<sup>a,2</sup>, Gonzalo López<sup>a,3</sup>, María Laura Buccolo<sup>a,4</sup>, Federico Bertani<sup>a,5</sup>,

<sup>a</sup>Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  
J.E.Uriburu 860, 1 Piso, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires  
1gbucceri@rec.uba.ar;2gschneider@rec.uba.ar,  
[3glopez@rec.uba.ar](mailto:3glopez@rec.uba.ar),[4mlbuccolo@rec.uba.ar](mailto:4mlbuccolo@rec.uba.ar),[5fbertani@rec.uba.ar](mailto:5fbertani@rec.uba.ar)

**Resumen.** La Universidad de Buenos Aires posee, desde hace 30 años, un Programa de Educación a Distancia denominado UBAXXI, para realizar los estudios del primer ciclo de la Universidad, denominado Ciclo Básico Común. Este programa es altamente masivo en la población estudiantil, y se encuentra en constante crecimiento, recibiendo, por ejemplo durante el año 2016, más de 100.000 preinscripciones a materias realizadas por más de 70.000 personas. La gestión académica de este programa se realiza a través de un sistema desarrollado a medida que permite a los estudiantes preinscribirse, consultar calificaciones y otras actividades. Asimismo, para administrar los contenidos de los cursos que se dictan y la interacción entre docentes y estudiantes, se utiliza un Campus Virtual basado en la plataforma Moodle.

Comprendemos que la utilización de Moodle es algo muy común en la Educación Superior, pero identificamos como un problema que los estudiantes de UBAXXI tuvieran que acceder a dos plataformas en forma separada y que, aunque se les otorgara la misma clave, eran dos mundos desintegrados y aislados. Del mismo modo sucedía para el personal administrativo, que debía replicar los datos personales y las inscripciones de un sistema en el otro. En respuesta a este problema, la Coordinación General de TIC diseñó, desarrolló e implementó un Portal de Acceso Único que permite, con una sola clave, acceder a una plataforma integrada desde la cual se puede consultar la información académica y recorrer el Campus Virtual de manera transparente y simplificada. Además se unificaron las inscripciones del sistema de gestión con la matriculación en el Campus. De esta manera, se realizó un aporte significativo a la gestión que concretó la aplicación de TIC para la realización de trámites en forma masiva y para la simplificación de los accesos de estudiantes a las aplicaciones de uso intensivo y corriente, en ambientes de alta concurrencia. Se presenta en este trabajo la organización del proyecto y aspectos funcionales y tecnológicos del diseño y del desarrollo del sistema. Se explica la experiencia en la implementación, cuáles fueron los principales retos debido a su alcance y envergadura, y las expectativas de la aplicación a futuro.

**Palabras Clave:** Gestión académica; Educación a Distancia; Integración de Aplicaciones; Moodle; Sistema de Gestión; Tecnología Educativa; Campus Virtual; Alta concurrencia; *Single Sign On*.

**Eje temático:** Soluciones TIC para la Gestión.

## 1 Introducción

La Universidad de Buenos Aires (UBA), inaugurada el 12 de agosto de 1821, es la mayor universidad argentina. Para dar sólo algunos indicadores de su magnitud se pueden mencionar sus más de 300.000 alumnos de grado, 20.000 de posgrado, 27.000 docentes, alrededor de 12.000 no docentes. Ayudan a comprender su amplitud las 13 Facultades donde se cursan sus más de 100 carreras de grado -además de las de posgrado - y un Ciclo Básico Común obligatorio para todos los estudiantes de las carreras de grado. También vale mencionar que integran la Universidad: 6 Hospitales, 4 Colegios de enseñanza media, una radio, un cine, una red de museos, un centro cultural, una obra social de salud, 4 campos, una residencia turística, un canal de TV, etc. Todos ellos se distribuyen en más de 60 edificios y diversos predios ubicados principalmente en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires, y unos pocos en distintas zonas del país alejadas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La Coordinación General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CGTIC) se crea en septiembre de 2009, con rango equivalente a una Subsecretaría, en el ámbito de la Secretaría de Hacienda y Administración de la universidad.

Sobre la CGTIC descansa el compromiso de lograr que la informática sea una herramienta transformadora, que mejore los procesos, incremente la calidad de los servicios y sirva como un elemento adicional en el prestigio de la Institución. Esto excede el normal puesto de jefe operativo de sistemas, que se venía manejando en la institución anteriormente, convirtiéndose en una posición superior que enfoca todo su esfuerzo en usar las tecnologías para lograr los objetivos organizacionales establecidos por las autoridades. Estos propósitos incluyen desde brindar un mejor servicio a docentes, investigadores, estudiantes, personal no docente y autoridades, hasta proponer herramientas tecnológicas que contribuyan a una mejor calidad de la educación, de la investigación, de la extensión, de la gestión, además de trabajar en la actualización tecnológica en forma permanente.

La CGTIC asumió, entonces, la responsabilidad de la incorporación y administración de tecnologías de la información y las comunicaciones, debiendo proponer un salto cualitativo que incluyera la tarea de trabajar junto a las áreas requirentes, en los objetivos y necesidades de la universidad en materia de TIC.

Entre algunos de los sistemas que se desarrollan e implementan desde la CGTIC, se pueden mencionar los de gestión académica, de tecnología educativa, de investigación, de sitios multimediales, de administración, legales, para la toma de decisiones y estadísticas, etc..

En el eje de trabajo de los sistemas de gestión académica y de tecnología educativa surgió la necesidad de integrar dos sistemas que se estaban utilizando para el mismo programa con el mismo público como objetivo y que, hasta el momento, requerían dos formas de ingresar independientes, con claves de acceso y URL distintas. En este marco se ha trabajado en la integración de estas dos aplicaciones con el objetivo de simplificar el acceso de los estudiantes a una única plataforma con una única identificación de usuario y contraseña. En este trabajo se abordará la experiencia de desarrollo e implementación de un portal de acceso que permite en forma unificada y transparente utilizar los dos sistemas como si fueran uno. Se presentarán aspectos funcionales, metodológicos y técnicos que se aplicaron para el desarrollo e

implementación de la herramienta, como así también las características que destacaron la gestión del proyecto, los principales desafíos que se enfrentaron y los factores críticos que posibilitaron el logro de los objetivos.

### **1.1 El Programa de Educación a Distancia UBAXXI**

Desde hace un poco más de 30 años la universidad tiene como ciclo obligatorio inicial, para todas las carreras de grado (más de 100), un conjunto de materias - en general seis como mínimo -, denominado Ciclo Básico Común (CBC). Todos los estudiantes de grado que ingresan cada año – alrededor de 50.000– tienen obligación de comenzar sus estudios con este ciclo. Al finalizarlo, o para algunas carreras al menos aprobando 4 materias, recién puede cursar las materias de la carrera en la facultad que dicta las materias específicas de la carrera.

Casi desde que surgió el Ciclo Básico Común y, a cargo de la Secretaría de Asuntos Académicos de Rectorado y Consejo Superior, se creó el Programa de Educación a Distancia denominado UBAXXI, con el objetivo de permitir realizar en forma no presencial, algunas de las materias del CBC, incluso antes de finalizar los estudios de escuela media. La modalidad a distancia permitía a los estudiantes, ya desde entonces, no tener que asistir a una cursada sino más bien conseguir el material, asistir a alguna tutoría o clase conjunta y rendir directamente los exámenes parciales, éstos sí presencialmente, pudiendo adelantar así la aprobación de algunas de las materias obligatorias del CBC. Al principio se permitía rendir bajo esta modalidad, hasta dos de las materias obligatorias. Con el tiempo se fueron incorporando más y actualmente, casi la totalidad del CBC, dependiendo de la carrera elegida, puede aprobarse mediante esta modalidad.

Con los años se volvió imprescindible contar con herramientas informáticas que pudieran colaborar con la gestión académica del programa como así también la administración del material de estudio, seguimiento del estudiante, foros, etc.. Es así como se diseñó, desarrolló e implementó en el año 2005 un sistema a medida de gestión académica y, alrededor del año 2009, se completó la instalación de la plataforma Moodle para dar respuesta a estas dos cuestiones. UBA XXI desarrolla recursos propios que enriquecen el estudio de las asignaturas: materiales impresos, tutorías presenciales, audiovisuales, programas de radio, redes sociales y el campus virtual, entorno de intercambio entre docentes y estudiantes.

El Programa tiene varios ciclos lectivos al año, además del primer y segundo cuatrimestre, tiene cursos de verano, de invierno, intensivos, etc.. Las tutoriales y los exámenes presenciales se dictan actualmente en por lo menos 27 sedes distribuidas en Capital Federal, Gran Buenos Aires e interior de la República Argentina, lo que hace que la gestión académica de inscripciones, calificaciones, organización de exámenes, la publicación de material, organización de docentes, etc. sea bastante compleja de administrar si no se cuenta con las herramientas tecnológicas adecuadas.

## 1.2 El sistema UBAXXI en línea

Comprendiendo la necesidad de administrar a través de Internet la masividad y la demanda generada por las personas interesadas en el programa, la CGTIC - en aquel entonces denominada Dirección de Proyectos de Sistemas -, diseñó, desarrolló e implementó en el año 2005 un sistema a medida que gestiona el registro de estudiantes y sus datos personales, una encuesta o datos censales, las preinscripciones a materias en diferentes periodos lectivos, cursos de verano, intensivos, etc., el registro de calificaciones por parte de los docentes, la confección de las actas, etc. Para esta implementación se diseñaron e implementaron tres módulos o sitios de gestión: *Alumnos*, *Back Office* y *Docentes*:

**Alumnos.** Era el sitio accesible por Internet, a través del cual los alumnos se autoregistraban, cargaban sus datos personales, se preinscribían a materias y verificaban sus calificaciones.

**Back Office.** Es el sitio para la gestión del programa, permite a los usuarios administrativos del departamento de alumnos: Registrar preinscripciones manuales, ver y modificar datos personales, gestionar los exámenes, periodos de inscripción, ver estadísticas, etc.

**Docentes.** Es el sitio a través del cual los docentes pueden descargar las listas de alumnos para la toma de examen, registrar los resultados, ver algunas estadísticas, etc.

Desde su implementación, el uso del Sistema de Gestión de UBAXXI (en todos sus módulos: *Alumnos*, *Back Office* y *Docentes*) recibió una amplia aceptación y creciente uso, al igual que el Programa de Educación a Distancia UBAXXI. Se destaca como ejemplo que durante el año 2016 se registraron más de 100.000 preinscripciones a materias realizadas por más de 70.000 personas y resultando en más de 130.000 calificaciones asentadas.

A continuación se muestran algunas pantallas del antiguo sistema:



Fig. 1. Pantalla de ingreso al antiguo sistema de Gestión Académica (Alumno).

The screenshot shows a registration form titled "Datos Personales". It includes the following fields and options:

- DNI:** A dropdown menu and a text input field containing "27444555".
- Nombre:** A text input field.
- Apellido:** A text input field.
- Teléfonos:** A table with columns "Tipo", "Número", and "Preferencial". It contains three rows, each with a "PARTICULAR" dropdown, a number input field, and a radio button.
- E-Mail:** A text input field with a note: "La dirección de correo debe ser válida, de lo contrario no se considerará la solicitud de inscripción."
- Confirmar E-Mail:** A text input field with a note: "Ingrese nuevamente su dirección de correo electrónico."
- Dirección:** A form with fields for "Calle", "Piso", "Localidad", "Depto", "C.P.", and "Provincia".
- Nacionalidad:** A text input field.
- Sexo:** Radio buttons for "Masculino" and "Femenino".
- Contraseña:** Fields for "Nueva Contraseña" and "Repita Contraseña" with instructions: "Mínimo 6 caracteres" and "Necesitará esta contraseña cada vez que desee ingresar al sistema."

Fig. 2. Pantalla de ingreso de datos del alumno en el sistema de Gestión Académica (Alumno).

The screenshot shows a screen titled "Selección de Materias:". It features a central list of subjects with checkboxes:

- ICSE
- IPC
- QUÍMICA
- SOCIOLOGÍA
- ECONOMÍA
- PSICOLOGÍA

At the bottom, there is a note: "Sabés cuáles son las materias del CBC que te corresponden cursar de acuerdo a la carrera que elegiste? Si querés corroborarlo, [hacé click aquí.](#)"

Fig. 3. Pantalla de selección de materias para inscripción en el sistema de Gestión Académica anterior (Alumno).

### 1.3 La primera experiencia Moodle masiva

Aproximadamente entre los años 2008 y 2009 se decidió implementar un software de apoyo al programa de educación a distancia que funcionaría como un Campus Virtual, basado en la plataforma Moodle. En aquel entonces, se alojó la herramienta en las instalaciones de un proveedor externo que brindaba hosting, asesoramiento y soporte sobre la implementación y el mantenimiento del Moodle. La plataforma se utilizaba especialmente para alojar los materiales del curso producidos por docentes y pedagogos del Programa de Educación a Distancia UBAXXI y los foros de consultas y discusión entre docentes y participantes del programa. Se arrancó con la versión 1.9. Posteriormente, la dirección del Programa junto con el proveedor decidieron utilizar la versión 2.0 de Moodle, pero ante las complejidades de la migración, optaron por habilitar un nuevo Campus en la versión más moderna y mantener el anterior en la versión antigua en paralelo. Esto implicó que el mantenimiento resultara muy complejo ya que los estudiantes y los docentes tenían que acceder a dos ambientes completamente diferentes dependiendo del momento en el que se hubieran anotado a las materias. Cumplido el tiempo en que los alumnos tenían para rendir las materias (un año y medio aproximadamente), que aún se encontraban alojadas en el Moodle 1.9, éste se deshabilitó y continuaron funcionando sólo con la versión 2.0.

En el año 2012 la CGTIC encaró un proyecto para migrar este Moodle a los servidores de la UBA y tomó a cargo el alojamiento, la administración y el soporte de la plataforma Moodle utilizada en el Programa de Educación a Distancia UBAXXI, que se encontraba en su versión 2.0. Finalizada esta migración de servidores, se empezó a hacer cada vez más evidente el problema de desintegración entre las dos plataformas, destinadas al mismo público, utilizando claves diferentes, URL de acceso distintas y hasta interlocutores completamente independientes dentro del área usuaria, como así también dentro de la CGTIC.

Es allí donde se empezó a delinear un proyecto que tuviera como objetivo unificar las dos aplicaciones y proveer un portal de acceso único y simplificado, pero no se trataba solamente de unificar el acceso sino que era necesario también, simplificar el uso de las plataformas y dar mayor transparencia al pasaje de una aplicación a otra, teniendo en cuenta que para el estudiante era preciso unificar estos dos mundos que estaban separados. Asimismo, desde el punto de vista de la gestión, también era necesario simplificar el alta de las inscripciones y matriculaciones en el Moodle que venían haciéndose en forma casi manual materia por materia, a través de la funcionalidad “matriculación masiva manual”. Como muchos usuarios y administradores de Moodle deben hacer, se creaba un archivo del formato .txt, .csv y se “subía” al Moodle para poder tener la totalidad de los inscriptos en los cursos de cada materia. En los volúmenes del Programa de Educación a Distancia UBAXXI, esto generaba una gran cantidad de probabilidad de errores humanos y tecnológicos en esa generación y traspaso manual de archivos. Eso sin contar la cantidad de modificaciones que las inscripciones sufrían luego de haber hecho el traspaso a Moodle y la cantidad de actualizaciones que el personal de UBAXXI tenía que hacer para que el alumno se encontrara perfectamente inscripto y registrado en las dos aplicaciones en las materias que había elegido antes del primer día de cada ciclo lectivo.

#### 1.4 Integración “manual” de los dos sistemas

El proceso completo de registro de preinscripciones originalmente consistía en los siguientes pasos:

En primer lugar, aquellas personas que desearan incorporarse al programa debían autog registrarse en el sistema de gestión. Durante este proceso, elegían una contraseña que utilizaban exclusivamente para el sistema de gestión. Luego, una vez registrados, debían completar una serie de preguntas sociodemográficas y seleccionar las materias a las que deseaban preinscribirse. Esta operación también podía ser realizada utilizando el módulo de *backoffice*, por parte de los empleados administrativos del programa. Posteriormente, cuando finalizaba el período de preinscripción, a través del módulo de *backoffice*, los usuarios descargaban un archivo por cada asignatura.



Fig. 4. Pantalla de exportación de preinscripciones para dar de alta en Campus Virtual.

Con ese archivo, ingresaban al módulo de administración del Campus y manualmente, realizaban la migración de registros de inscripciones para cada materia. Para la creación de los usuarios nuevos, el sistema por defecto utilizaba el número de documento para el nombre de usuario y también para la contraseña. A continuación, una vez migrados los usuarios al Campus, esto funcionaba como una “foto” a un momento determinado, si luego alguna materia requería de la utilización de distintas aulas o cualquier cambio en las inscripciones en el sistema de gestión, desde el módulo de administración del Campus se debían realizar las modificaciones manual e individualmente. Cabe aclarar que cualquier preinscripción realizada luego de la fecha de cierre del período estipulado para las mismas en el sistema de gestión, debía ser manualmente registrada en el Campus.

Esto significa que para ingresar al campus, los alumnos recibían instrucciones con la URL del Campus, al cual debían ingresar directamente. Si algún usuario tenía conflictos con sus contraseñas, se debía resolver en cada sistema por separado, ya que se utilizaban dos contraseñas completamente independientes.

### 1.5 Objetivos del Proyecto y del Nuevo Sistema - Principales Problemas a solucionar -

El objetivo principal del proyecto fue la unificación del ingreso a las dos aplicaciones, para que todos los estudiantes utilizaran la misma página y dirección de ingreso (URL) para todas las actividades relacionadas con el Programa UBAXXI. Con el objetivo de simplificar la gestión, se buscó también unificar la administración de las preinscripciones, buscando realizar todas las operaciones relacionadas al registro y actualización de las mismas en el mismo momento, de forma realmente automática y en línea.

Adicionalmente, se aprovechó el proyecto para realizar una actualización al sistema de gestión, ya que su estética y funcionalidad habían recibido pocos cambios desde su implementación en el año 2005 y pasados los años, este sistema requería actualización de tecnología y mejoras significativas de algunas funcionalidades, como así también la posibilidad de incorporar archivos para la conformación del legajo electrónico del alumno, subir su foto, certificados, etc. Mediante estos cambios se buscó:

**Simplificar el acceso y el uso de las herramientas informáticas.** Para los estudiantes del programa UBAXXI, facilitando el acceso desde una única página, con un usuario y contraseña unificados.

**Facilitar la gestión interna de UBAXXI.** Automatizando muchas de las tareas que se realizaban de manera semi-manual, como la migración de registros de preinscripciones de un sistema a otro, o la división de un curso en aulas.

**Unificar operaciones de soporte.** Con la implementación del portal, se centralizaron las operaciones de cambio de datos personales y resolución de problemas de contraseñas, varios de ellas inclusive, realizables actualmente por autogestión.

## 2 Diseño de la Solución

### 2.1 Diseño General

La estructura de la solución se diseñó integrando los siguientes componentes:

**Portal de Acceso Unificado.** Es una nueva herramienta que fue desarrollada por el equipo asignado al proyecto. Su objetivo es autenticar el ingreso de los estudiantes, y proveer de esas credenciales tanto al Sistema de Gestión Académica como al Campus Virtual, además de gestionar el registro de nuevos usuarios, cambios y recordatorios de contraseñas.

**Sistema de Gestión Académica - Nuevo Sitio de Alumnos.** Como fue indicado anteriormente, se aprovechó el proyecto para realizar un desarrollo nuevo para el sitio de alumnos del Sistema de Gestión Académica. Fue desarrollado a medida por el equipo asignado al proyecto. Este sitio recibe a los usuarios ya validados por el portal y les permite preinscribirse a materias, acceder a los cursos del Campus Virtual, modificar sus datos personales, ver sus calificaciones, entre otras cosas.

**Campus Virtual.** Es el mismo que se utilizaba antes de la integración. Se instaló un complemento para la plataforma Moodle que permite delegar la autenticación en el

Portal. Este *plug in* fue desarrollado por el equipo asignado al proyecto, y puede ser aplicado en cualquier sitio basado en Moodle que se desee integrar con el Portal de acceso.

## 2.2 Diseño Funcional y Gráfico

El diseño funcional de la solución principalmente se centró en los desarrollos del Portal y del nuevo Sitio de Alumnos del Sistema de Gestión Académica, ya que no se realizaron modificaciones funcionales al Campus.

**Portal – Gestión de Usuarios y Contraseñas.** El autregistro de usuarios fue diseñado para registrar todos los datos necesarios para el funcionamiento correcto de las herramientas, además de algunos datos adicionales sociodemográficos que fueron solicitados por las áreas usuarias y que fueron integrados a un sistema de encuestas que se había implementado en la universidad en forma previa. Adicionalmente al autregistro, el portal ofrece otras funcionalidades básicas para la autogestión por parte de los usuarios: Regeneración de contraseña y cambio de contraseña.

**Sistema de Gestión Académica - Nuevo sitio de Alumnos.** En esta aplicación se realizaron varios cambios de funcionalidad, rediseño de algunos procesos y modernización de diseño y tecnologías. Se mencionan a continuación algunas funcionalidades:

**Registro de Preinscripciones.** El objetivo principal de esta funcionalidad es permitir a los usuarios registrar su preinscripción al Programa de Educación a Distancia UBAXXI. Para ello, realiza una verificación para validar si el usuario completó la encuesta correspondiente y, si no la completó, lo redirige a la misma (se explica este punto más adelante). Una vez cumplido ese requisito, le solicita al usuario que seleccione las materias y la sede a la cual desea preinscribirse, realizando las validaciones correspondientes. Si la preinscripción es exitosa, la misma se registra tanto en el Sistema de Gestión Académica como en el Campus Virtual y el usuario recibe por mail y en pantalla el comprobante de preinscripción. Esta funcionalidad queda disponible durante el resto del período de preinscripción para los usuarios que deseen realizar cambios. Si se realizaran cambios, los mismos impactarían automáticamente en los dos sistemas.

**Distribución en Aulas.** Por la cantidad de inscriptos que tiene el Programa, a medida que se van inscribiendo, el sistema los va separando automáticamente en la cantidad de aulas configuradas previamente a la preinscripción según los porcentajes definidos para cada una de ellas.

**Actualización de Datos Personales.** La opción de Datos Personales permite a los usuarios actualizar o corregir la información que ingresaron en su registro (con algunas excepciones como el documento, por ejemplo). Estas modificaciones se sincronizan automáticamente con el Portal y con el Campus.

**Integración con Sistema de Encuestas.** Cuando los usuarios desean realizar su primera preinscripción, primero deben completar una encuesta que se encuentra configurada en el sistema SIP (otro sistema desarrollado por la CGTIC que se utiliza para registrar encuestas y censos de la universidad). Esta transición es transparente para los usuarios, ya que no se los redirige a otra página, sino que se realiza enmarcada en el sitio de alumnos.

**Comunicación de Notificaciones.** Con el objetivo de realizar algunos avisos o notificaciones generales, el sistema cuenta con la funcionalidad de mostrar notificaciones a los usuarios cuando ingresan al sistema. Esta notificación dinámica puede ser limitada para un subconjunto de los usuarios. El sistema acepta varias notificaciones en paralelo.

**Legajo Electrónico.** Incorporado en una versión posterior, el legajo electrónico le permite al usuario ingresar una fotografía y otra documentación pertinente al programa. La fotografía luego se utiliza en el sistema para la identificación del alumno y la personalización del comprobante de preinscripción. Como así también junto con el documento para comprobar la identidad a la hora de rendir los exámenes presenciales.

**Otros Accesos al Campus.** Como hay algunos recursos de Moodle que se utilizan en el programa que no se tratan de cursos asignados a materias, el sistema tiene algunos accesos directos a los mismos, configurados en el menú principal. Al igual que los vínculos a los cursos de las materias, estos accesos dirigen al usuario en forma directa a donde desea acceder con su usuario ya autenticado. Por ejemplo, previo al comienzo del cuatrimestre se realiza la “Jornada Conectados” a través de un foro que se utiliza para que los alumnos puedan despejar sus dudas y reciban respuestas durante toda el día, a este material deben acceder todos sin pasar por la preinscripción a ninguna materia.

**Acceso para Invitados.** Fue solicitado que la herramienta permitiera un uso limitado de la misma para todos aquellos usuarios registrados que no tuvieran ningún tipo de preinscripción en materias. Si el sitio identifica esta situación, arma un menú en forma dinámica con las opciones acordes para ese rol. También se agregaron los accesos a las redes sociales *Facebook*<sup>®</sup>, *Twitter*<sup>®</sup> y a *Youtube*<sup>®</sup>.

**Cambios de Diseño Gráfico.** Aprovechando los cambios funcionales y estructurales que se debían realizar en el sistema, se realizó conjuntamente con la Coordinación General del Programa UBAXXI y con la diseñadora gráfica de CGTIC, una renovación general del diseño gráfico de la aplicación de gestión académica. Esto incluyó una nueva “cara” para el sistema, como así también la inclusión de algunos elementos más dinámicos para menús y botones que lo hacían más intuitivo y moderno. Esto se aplicó tanto al Portal como al Sitio de Alumnos.

A continuación se muestran algunas pantallas del Portal, del nuevo sistema de gestión y las de acceso directo al Campus Virtual.



Fig.5. Pantalla de acceso al nuevo Portal de UBAXXI.



Fig. 6. Pantalla del Portal que visualiza el alumno ya logueado al sistema.

**UBA XXI** Universidad de Buenos Aires

Schneider, Gustavo Hernán

**mis datos**

Tipo de Documento: DNI  
 Número de documento: 31661956  
 Apellido: Schneider  
 Nombre: Gustavo Hernán

Pais de Origen: Argentina  
 Sexo:  Masculino  Femenino  
 Calle: Jonte  
 Provincia: C.A.B.A.  
 Partido: C.A.B.A.  
 Localidad: VERSALLES  
 Nro.: 6288  
 Piso: 4  
 Depto.: A  
 C.P.: 1408

Email: minogust@gmail.com  
 Confirmar Email: minogust@gmail.com  
 Teléfono: PARTICULAR  
 Teléfono: 1146414810  
 Teléfono: MOVIL  
 Teléfono: 1165475738

Carga de Fotografía: Tamaño máximo: 1MB, Tipos de archivo permitidos: jpg, png, pdf  
 Carga de Documento de Identidad: Tamaño máximo: 1MB, Tipos de archivo permitidos: jpg, png, pdf  
 Carga de Certificado de Estudio: Tamaño máximo: 1MB, Tipos de archivo permitidos: jpg, png, pdf

guardar

Fig. 7. Pantalla a la accede con el botón “Mis Datos”.

**Inscribirme**

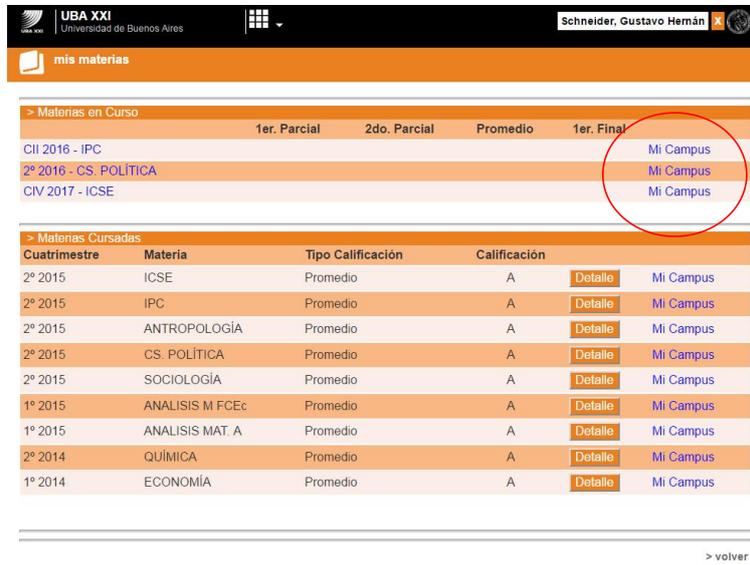
> Selección de materias y sedes donde desea rendir

Materias	Sedes
<input type="checkbox"/> Introducción al Conocimiento de la Sociedad y el Estado	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Introducción al Pensamiento Científico	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Sociología	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Economía	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Psicología	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Biología	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Matemática	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Trabajo y Sociedad	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Semiología	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Matemática Agr / C.Amb	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Análisis Matemático FCEc	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Análisis Matemático A	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Biología e Introducción a la Biología Celular	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Física	Seleccione una Sede
<input type="checkbox"/> Física e Introducción a la Biofísica	Seleccione una Sede
<input checked="" type="checkbox"/> Álgebra A (Ingeniería)	Seleccione una Sede

¿Sabe cuáles son las materias del CBC que le corresponde cursar de acuerdo con la carrera elegida? > [hacé click aquí](#)

> continuar

Fig. 8. Pantalla de inscripción a materias.



> Materias en Curso				
	1er. Parcial	2do. Parcial	Promedio	1er. Final
CII 2016 - IPC				Mi Campus
2º 2016 - CS. POLITICA				Mi Campus
CIV 2017 - ICSE				Mi Campus

> Materias Cursadas				
Cuatrimestre	Materia	Tipo Calificación	Calificación	
2º 2015	ICSE	Promedio	A	Detalle Mi Campus
2º 2015	IPC	Promedio	A	Detalle Mi Campus
2º 2015	ANTROPOLOGÍA	Promedio	A	Detalle Mi Campus
2º 2015	CS. POLÍTICA	Promedio	A	Detalle Mi Campus
2º 2015	SOCIOLOGÍA	Promedio	A	Detalle Mi Campus
1º 2015	ANALISIS M FCEc	Promedio	A	Detalle Mi Campus
1º 2015	ANALISIS MAT. A	Promedio	A	Detalle Mi Campus
2º 2014	QUÍMICA	Promedio	A	Detalle Mi Campus
1º 2014	ECONOMÍA	Promedio	A	Detalle Mi Campus

Fig. 9. Pantalla que visualiza el alumno ya inscripto, cuando selecciona el botón “Mis Materias”. Se destaca el acceso directo “Mi Campus”. Si selecciona esta opción aparece en el Moodle ya logueado y posicionado en la página de la materia (Figura 10).



UBA XXI  
Subsecretaría de Innovación y Calidad  
Secretaría de Asuntos Académicos  
Universidad de Buenos Aires

Mis Cursos Institucional Información General ¿Cómo Rego? Preguntas Frecuentes

Materias UBA XXI > Materias 1º Cuat. 2017 > IPC-1-17

FACEBOOK UBA XXI

30 años UBA XXI Me gusta esta página

30 años UBA XXI transmitió en vivo 14 mins Economía-bloque 4: El rol de sector público y cierre

Ajustes

Hoja de ruta Repositorio Digital Evaluación Links

Introducción al Pensamiento Científico

1 2 3 4 5

Novedades

Repositorio Digital

Fig. 10. Pantalla que visualiza el alumno luego de presionar el botón “Mi Campus” y se encuentra dentro de la materia.

### 2.3 Diseño Tecnológico

Se realizó un estudio de las diferentes herramientas existentes en el mercado con el objetivo de determinar si alguna permitía cubrir la funcionalidad requerida. Para ello,

se analizaron *frameworks*, librerías y protocolos utilizados en distintos esquemas de *single sign on*, autenticación centralizada, *Identity Management* y hasta *social logins*.

Como resultado de esto, encontramos que casi ninguna cubría el 100% de nuestras necesidades y la que sí lo hacía, tenía un nivel de complejidad tal, que su implementación excedía los plazos que exigía el proyecto.

Por ello, llegamos a la conclusión de que lo mejor era desarrollar un producto propio, pero que se basara en los aspectos de las herramientas analizadas que para nosotros contaban con la mayor utilidad.

## 2.4 Arquitectura de la Solución

A continuación se mencionan todos los componentes de la arquitectura de la nueva solución para el Sistema Integral del Programa UBAXXI:

**Portal de acceso.** Se desarrolló una aplicación web que cuenta con tres módulos: el de Usuarios, que se compone de las distintas páginas que permiten el registro de usuarios y la modificación de datos personales y contraseña; el de *Identity Provider* que es el encargado del proceso de autenticación, por medio del protocolo *OAuth* y finalmente una Web API de información de alumnos.

**Cliente .net.** Es un componente que se encarga de interactuar con el servidor durante el proceso de autenticación. Está desarrollado como una librería independiente que con sólo agregarla al proyecto y completar el archivo de configuración, le permite a cualquier aplicación .net delegar la autenticación en el portal.

**Cliente Moodle.** Se desarrolló un *plugin* de Moodle que, al igual que el anterior, permite encapsular todas las operaciones que requiere la interacción con el portal. Este complemento fue desarrollado por el equipo asignado al proyecto, y puede ser aplicado en cualquier sitio basado en Moodle que se desee integrar con el Portal.

**Sistema de Gestión Académica - Nuevo sitio de alumnos.** Para esta aplicación se decidió emplear una arquitectura más compleja que facilite la reutilización de los componentes desarrollados, que luego fueron utilizados por otros módulos del mismo sistema.

Es por ello que esta aplicación web .Net® se encuentra dividida en tres capas:

- La capa de interfaz de usuario interactúa con el portal para delegar la autenticación y con la capa de negocios para el resto de las funcionalidades.
- La capa de negocio se expone a través de *web services SOAP*, lo cual le permite brindar servicios tanto al nuevo sitio de alumnos como al de intranet, reutilizando gran parte del código.
- La capa de datos utiliza *Entity Framework* como *ORM* para las operaciones sobre la base de datos del sistema de gestión de alumnos (*MS Sql Server*®), mientras que a su vez se comunica con la base de datos del campus (*MySql*®) por medio de *ADO.NET*.

Gráficamente, se representa a continuación lo mencionado en los párrafos anteriores:

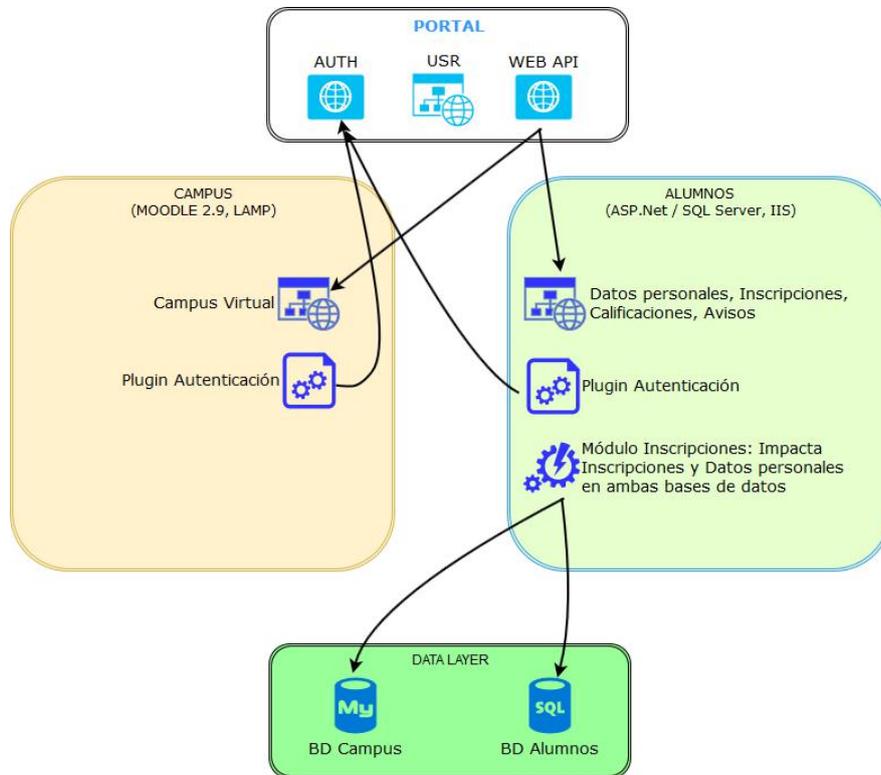


Fig. 11. Arquitectura de la solución.

## 2.5 Impacto en las bases de datos

Si bien el sitio de alumnos fue rediseñado y desarrollado para este proyecto, no fue necesario realizar grandes modificaciones a la base de datos porque el sistema de gestión interno – *backoffice* - no se estaba modificando todavía. Por lo tanto, era necesario mantener la estructura de datos para asegurar la compatibilidad entre los dos módulos.

Respecto al Campus, no se modificó la estructura de la base de datos de Moodle, solamente se realizó un análisis de tipo “Ingeniería Inversa” donde se realizaron inscripciones de prueba para detectar las modificaciones que se impactaban en la base de datos al momento de registrar un nuevo usuario, para luego poder replicarlo en forma directa y automática.

Finalmente, el portal de acceso sí requirió de un diseño de base de datos, del cual se destacan los siguientes conceptos más importantes:

- Posee un Id público y otro Id Privado con el fin de aumentar la seguridad y mitigar el impacto de un posible robo de sesión, el portal brinda un id diferente a cada usuario para cada una de las aplicaciones clientes a las cuales tiene acceso. Con lo cual, si el usuario es “*hackeado*” mientras está

utilizando alguna de las aplicaciones cliente, no se verá comprometida su seguridad en el resto de ellas.

- La base de datos del portal está diseñada de forma tal que permite la escalabilidad y puede brindar servicio a múltiples aplicaciones clientes. La aplicación cliente es aquella que interactúa con el portal y delega en él la autenticación y administración de la identidad de los usuarios.
- El portal brinda la posibilidad de definir para cada usuario si puede acceder o no a cada una de las aplicaciones cliente (registro abierto y cerrado). Algunas de las aplicaciones cliente, las de registro abierto, permiten que cualquier usuario del portal tenga acceso a ella, mientras que las de registro privado, requieren que el usuario cuente con una habilitación previa para poder ingresar en ella.

## 2.6 Plataforma de Desarrollo

El portal y el cliente de la aplicación de alumnos .net fueron desarrollados en VB.net, y la persistencia de datos se realiza contra bases de datos MS SQL2008, empleando para ello a *Entity Framework* de Microsoft® como ORM (del inglés *Object Relational Mapping*), utilizando *Visual Studio*® como entorno de desarrollo.

El *plugin* para Moodle de autenticación se desarrolló con PHP® y *Jquery*®, y el IDE elegido para ello fue *Sublime Text*®.

Como repositorio de código, al igual que para otros sistemas desarrollados por la CGTIC, se utiliza en todos los casos MS *Team Foundation Server 2010*®, herramienta que permite llevar adelante una adecuada administración, seguimiento y control del versionado de cada sistema.

## 2.7 Infraestructura de Servidores y Comunicaciones

El esquema de la infraestructura tecnológica utilizada se representa gráficamente:

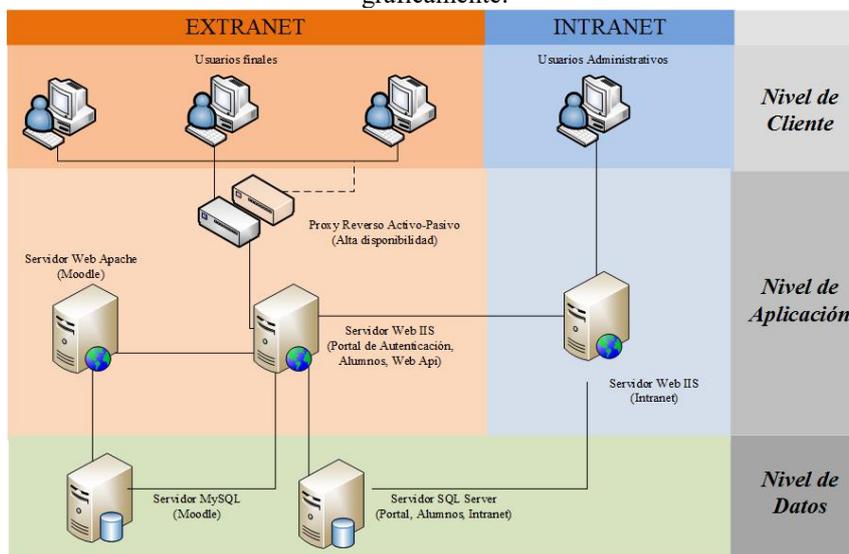


Fig. 12. Diagrama de la infraestructura empleada para asegurar alta disponibilidad y performance.

### 3 Implementación

#### 3.1 Principales desafíos

Entre los principales desafíos al momento de llevar adelante el proyecto de integración del Sistema de Gestión Académica con el Campus Virtual del Programa de Educación a Distancia UBAXXI nos encontramos con:

**Masividad.** Uno de los principales desafíos a los que nos enfrentamos fue la masividad de usuarios concurrentes. Cualquier problema, error u omisión en el sistema aunque fuera en pequeños porcentajes podía replicarse en miles de personas.

**Concurrencia.** Ambos sistemas debían funcionar correctamente a pesar de las altas demandas en forma concurrente, en especial en los periodos acotados de inscripción donde se da la mayor concurrencia y el proceso de integración pasa sus momentos más álgidos teniendo que replicar las inscripciones y sus modificaciones en ambos sistemas.

**Alta Disponibilidad.** Todos los cambios y nuevas implementaciones deben realizarse prácticamente “en caliente” o con un mínimo nivel y duración de cortes de servicio dado que el Programa de Educación a Distancia, casi no posee interrupciones en su dictado. Es decir, tiene varios ciclos lectivos incluyendo además de los cuatrimestrales, cursos de verano, de invierno, intensivos, jornadas informativas, etc.

**Integrando Dos Mundos.** Fue desafiante y no tan sencillo integrar las plataformas que se encontraban en diferentes tecnologías: el sistema de gestión académica (plataforma Windows) y el sistema de educación a distancia (Moodle instalado en plataforma Linux). Tuvimos que considerar también la conexión y configuración necesaria no sólo entre diferentes plataformas sino también entre diferentes servidores.

**Garantizar la Evolución.** Tanto la plataforma de Moodle como la normativa y funcionalidades que afectan al sistema de gestión académica están en permanente evolución. Eso sin contar que también las tendencias tecnológicas y las arquitecturas de *Single Sign On* están yendo hacia una estandarización en el ámbito de la educación superior. Todo esto nos obligó en su momento y nos sigue obligando a trabajar en forma constante para poder garantizar la evolución de estas plataformas en el presente y hacia futuro.

### 3.2 Objetivos cumplidos

La mayor parte de los objetivos planteados al principio del proyecto fueron cumplidos. Algunos de ellos se enumeran a continuación:

**Simplificación de Accesos.** Se simplificó el uso de las herramientas informáticas para los estudiantes del programa UBAXXI, unificando el acceso a dos plataformas, a través de una sola página web (URL), con un usuario y contraseña unificados que se gestionan y administran desde un solo lugar.

**Autogestión.** Se unificaron las operaciones de apoyo al Programa. Con la implementación del portal, se centralizaron las operaciones de cambio de datos personales y resolución de problemas de contraseñas. La mayoría de estas funciones luego de la implementación se hacen desde autogestión sin involucrar al personal administrativo ni técnico en lo tedioso de estas tareas.

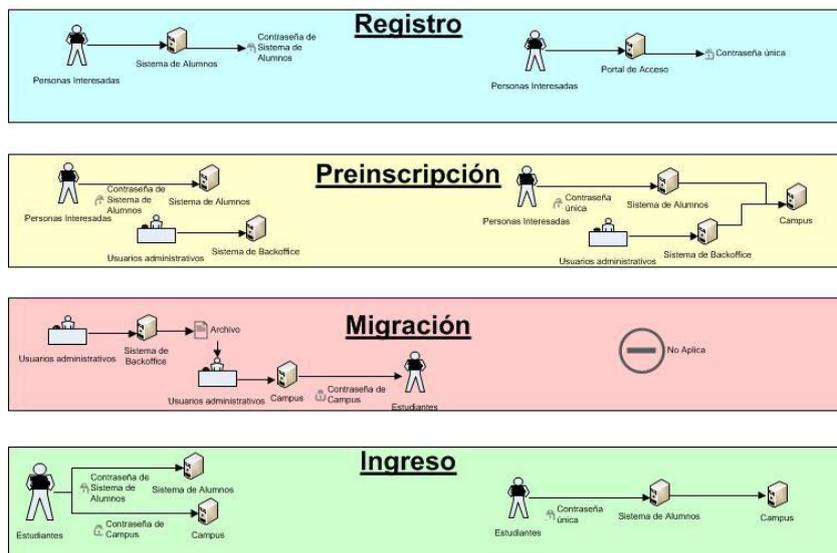
**Gestión de Preinscripciones.** Se simplificó la gestión interna de las preinscripciones, automatizando muchas de las tareas que se realizaban de manera semi-manual, como la migración de registros de un sistema a otro, o la división de un curso en aulas.

### 3.3 Procedimiento de preinscripción luego de la integración

Aquellas personas que desean incorporarse al Programa, se autoregistran en el portal de acceso. Durante este proceso, indican una contraseña que utilizarán para el ingreso al mismo. Una vez registrados, para realizar la primera preinscripción, los usuarios deben completar una encuesta que utiliza recursos del sistema SIP. Al registrar la preinscripción, el Sistema de Gestión Académica traslada en forma transparente la misma a la base de datos del Campus Virtual. Esta tarea se realiza cada vez que se realizan modificaciones a la preinscripción sin involucrar ninguna persona en el proceso.

Para ingresar al campus, los alumnos ingresan al Sistema de Gestión Académica a través del Portal y, a través de la opción “Mi Campus”, seleccionan la materia a la que desean acceder. El sistema los redirecciona al curso de la materia correspondiente en el Campus Virtual, ya logueados.

Si algún usuario tuviese conflictos con sus contraseñas, se resuelven a través del portal.



**Fig. 13.** Comparación entre el proceso anterior (integración manual entre el sistema de gestión y el Campus) –izquierda-; y el proceso actual (luego de la integración) –derecha-.

Asimismo, se destacó como un aspecto esencial la posibilidad de considerar, desde el inicio, en la concepción de la arquitectura técnica y funcional del software, un nivel de respuesta aceptable para una experiencia de uso de TIC como apoyo a un Programa de Educación a Distancia masiva y de alta concurrencia, considerando la disponibilidad, la concurrencia, la autenticación y el grado de cobertura pretendido para dar servicio no presencial a más de 70.000 personas al año que están interesadas en ser parte del Programa a Distancia de UBAXXI. Fue entonces donde se decidió desarrollar un sistema a medida de la envergadura planteada y acorde a las necesidades solicitadas.

### 3.4 Equipo de Trabajo y Metodología Utilizada. Factores clave de éxito.

Desde el inicio se trabajó en forma conjunta entre las dos áreas. Tanto la Coordinación General del Programa de UBAXXI como la Coordinación General de TIC, involucraron personal directivo y operativo en el proyecto. Distintos roles fueron convocados en cada equipo: directores de áreas de alumnos y pedagógicas, un líder de proyecto, un líder técnico, analistas funcionales, diseñadora gráfica, programadores, *testers*, especialistas en seguridad y *SSO*, administradores de servidores, etc.

Teniendo en cuenta los requerimientos y la envergadura que esta integración debía contemplar, se empezó a delinear la planificación del proyecto que implicaba tanto el relevamiento de las necesidades, el análisis y el diseño de la solución como así también la codificación de los sistemas y la implementación de la solución completa.

Se aplicó con constancia el uso de metodología tanto para el diseño y desarrollo de la aplicación, como para la gestión del proyecto. Se alojó el plan de trabajo en el MS Project Server de la CGTIC, con tareas asignadas a cada miembro del equipo. Se efectuaron reuniones periódicas tanto de seguimiento del proyecto, como de trabajo en equipo para definir cuestiones funcionales, de diseño gráfico, de diseño técnico, soluciones a problemas que fueron apareciendo, etc..

Se trató de contar con objetivos claros y bien definidos. Precisar hitos o entregables perfectamente delimitados que incluyeran etapas y módulos. Se utilizaron cronogramas viables y consensuados entre los integrantes del proyecto tanto de la CGTIC como del equipo de la Coordinación General del Programa de Educación a Distancia UBAXXI. Se asignaron responsabilidades bien definidas a cada área, dirección o sector. El proyecto se basó rigurosamente en una metodología de trabajo adecuada a las circunstancias y a la envergadura del proyecto. En todo momento, se confeccionó la documentación pertinente y detallada del sistema y sus modos de uso. Asimismo, fue indispensable realizar un seguimiento constante y persistente del proyecto accionando de ser necesario, en la resolución de conflictos o en la combinación de las tareas de cada grupo de trabajo.

Antes de la puesta en marcha se realizaron intensivas pruebas integrales en diferentes ambientes de trabajo que se utilizan frecuentemente en la CGTIC – desarrollo, prueba interno, prueba externo y producción -, intentando aplicar un exigente control, sincronización e integración de versiones del código fuente a través del *MS Team Foundation Server*<sup>®</sup>, también utilizado como repositorio de código fuente y controlador de versiones. Para la actualización de las versiones en el entorno de producción se aplican procedimientos y documentos de implementación que generalmente se utilizan en la CGTIC, donde se detallan las tareas a seguir para la correcta actualización del sistema por parte de los administradores de la infraestructura tecnológica.

El sistema se puso en marcha a principios de 2014, para las inscripciones en línea del primer cuatrimestre. Desde ese entonces, se utiliza para la ejecución del Programa de Educación a Distancia para cada cuatrimestre, curso intensivo de verano de invierno, etc.. Constantemente se están realizando ajustes o mantenimiento para poder adaptar los sistemas integrados a las necesidades que van surgiendo. Actualmente el sistema cuenta con aproximadamente 470.000 usuarios estudiantes registrados, 200 usuarios docentes y 100 usuarios administrativos.

#### **4 Conclusiones y Futuro**

La ejecución de este proyecto ha brindado a la universidad una posibilidad concreta de aplicar el uso de las TIC en colaboración con la gestión, realizando un aporte significativo y dando la posibilidad de tener una herramienta potente y adecuada para la gestión académica y el acceso a la plataforma virtual de un Programa masivo como lo es el de Educación a Distancia de UBAXXI, produciendo además, información valiosa y esencial para la gestión y para la toma de decisiones, en una institución de educación superior con una población masiva y diversa como es la UBA.

Algunos de los beneficios alineados con los objetivos de gestión alcanzados por este proyecto fueron:

- La identificación y la integración en un mismo sistema de los datos de más de 470.000 estudiantes, 200 docentes de la universidad y 100 no docentes que se dedican a la gestión de este programa, con actividades en más de 27 sedes.
- La recolección y actualización en línea de datos de calidad y homogéneos que están posibilitando la obtención de información confiable y oportuna a través de otros sistemas de exploración de información que la universidad posee para la toma de decisiones, a los que actualmente se está integrando la información de este sistema del Programa UBAXXI.
- La estandarización de procedimientos que permitieron obtener mayor eficiencia en la gestión de los procesos de inscripción, acceso a los cursos en campus y registro y consulta de calificaciones del programa de acceso masivo de educación a distancia UBAXXI.
- La reducción de los tiempos en la resolución de trámites rutinarios como ser inscribirse, registrar y consultar calificaciones y también en acceder a los cursos, materiales asociados, foros, etc., a través del campus virtual.

Como características distintivas del desarrollo del proyecto se pueden destacar: la claridad de los objetivos alineados con la gestión y la institución, la planificación detallada, el diseño orientado hacia un sistema integrado y flexible, el trabajo colaborativo de equipos interdisciplinarios, el correcto dimensionamiento y configuración de la infraestructura tecnológica adecuada, el poder dar respuesta a la concurrencia y el permanente, tenaz y constante seguimiento del equipo y del proyecto.

A continuación y, a modo de resumen, se muestran algunos indicadores de los resultados obtenidos a la fecha a través del sistema:

**Tabla 1.** Algunos indicadores de resultados obtenidos a través del sistema.

<b>Concepto</b>	<b>Total a 2017</b>
Cantidad de usuarios registrados en Portal <sup>105</sup>	150.000
Cantidad de inscripciones	400.000
Cantidad de calificaciones	280.000

En la UBA seguimos trabajando sobre este sistema a fin de garantizar una correcta adaptabilidad a la realidad de la institución y una apropiada actualización tecnológica. Próximamente se estarán desarrollando las adaptaciones necesarias para incorporar el inicio de sesión a otras herramientas de SSO hacia las que la universidad está mudando, agregar módulos adicionales para uso de docentes, integrar otras mejoras al sistema de gestión, integrar herramientas de colaboración complementarias al Campus Virtual, etc. Durante el año pasado, por ejemplo se realizó una migración de la versión de Moodle donde hubo que tener en cuenta todas las personalizaciones e integraciones que tenía el mismo, tal como se describió en este trabajo.

<sup>105</sup>Se contabilizaron los usuarios que efectivamente se autoregistraron en el portal a partir de su implementación, descontando aquellos que fueron migrados.

Finalmente, destacamos el rol de la tecnología como conductor, complementario e integrador, asumiendo el desafío de agregar valor concreto, e introducir aplicaciones potentes que se alineen y contribuyan a los objetivos de la gestión universitaria.

## Referencias

1. Ernesto Chinkes: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones - Informe de Gestión 2007-2011 (2012)
2. Ernesto Chinkes: Estrategia TIC: la experiencia de la Universidad de Buenos Aires, TICAL, Lima (2012)
3. Página web de la Universidad de Buenos Aires  
<http://www.uba.ar/academicos/contenidos.php?id=27>

## **SESIÓN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN**



## Plataforma de Gestión de Identidad y Acceso Federado para la Universidad de Cuenca

Ma. José Torres <sup>bc</sup>, Andrés de los Reyes <sup>c</sup>, Luis Espinoza <sup>c</sup>, Víctor Saquicela <sup>a</sup>

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Cuenca,  
Av. 12 de Abril y Av. Loja, 010112  
Cuenca, Ecuador.

<sup>b</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca,  
Av. 12 de Abril y Av. Loja, 010112  
Cuenca, Ecuador.

<sup>c</sup> Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación, Universidad de Cuenca,  
Av. 12 de Abril y Av. Loja, 010112  
Cuenca, Ecuador.

mariajose.torres@ucuenca.edu.ec  
andres.delosreyes@ucuenca.edu.ec  
luis.espinoza@ucuenca.edu.ec  
victor.saquicela@ucuenca.edu.ec

**Resumen.** Con el crecimiento del portafolio de servicios de Tecnologías de Información y Comunicación ofrecidos a la comunidad universitaria, el sistema de autenticación basado en usuario y contraseña para cada sistema va quedando obsoleto, debido principalmente a la inconsistencia de los datos de usuario que se almacenan en los diferentes repositorios. Tras definir el problema que afecta la prestación de este servicio, se propone como solución la construcción de una plataforma de gestión de identidad y acceso federado (**IAA**) basada en la recomendación de la iniciativa *Trust and Identity in Education and Research* de *Internet2*. La validez de la arquitectura propuesta se estableció a través de varias pruebas de concepto que contemplan la configuración de los componentes de la plataforma en un ambiente controlado, pero considerando pruebas de aplicación real con aplicaciones desarrolladas en casa, así como con sistemas de código abierto como *Moodle* y *uPortal*.

**Palabras Clave:** federación de identidad, single sign on, autenticación única, Shibboleth, uPortal, doble factor de autenticación, Moodle federado, Grouper, VOOT, SSO

**Eje temático:** Seguridad de la información

### 1 Introducción

Los sistemas de información y comunicación en la Universidad de Cuenca - Ecuador facilitaron la ejecución de las tareas administrativas implementados en la segunda mitad de la década de los años 90. Para ese entonces, la naciente seguridad informática sugería la utilización de un sistema de autenticación basado en contraseñas en el que el usuario (probador) solicita el acceso a un sistema de información (verificador); en caso de coincidir las palabras ingresadas, el sistema permite al usuario acceder a diferentes recursos. Este sistema de autenticación, va quedando obsoleto debido a que el portafolio de servicios crece y genera incidencias

al tener que usar contraseñas distintas para acceder a cada sistema; por lo que los usuarios se ven obligados a preocuparse de mantener sus credenciales en apuntes de fácil acceso que causan un riesgo potencial de autenticación indebida. También, es necesario mencionar que los sistemas utilizados por la comunidad universitaria se pueden clasificar en tres categorías. La primera, agrupa a sistemas que solo pueden ser utilizados dentro de la red de la institución; como son las Bases de Datos Digitales suscritas por la Universidad de Cuenca. Para acceder a este servicio se utiliza la autenticación basada en EzProxy<sup>106</sup>. Un segundo grupo, está constituido por sistemas que sólo puede ser utilizados por usuarios específicos. En este caso, la gestión de roles y perfiles ha sido delegada al administrador del sistema, que realiza una configuración manual para conceder los permisos requeridos puesto que la configuración está almacenada en la base de datos de cada sistema. Finalmente, el portafolio de servicios incluye sistemas provistos por terceros que son de utilidad para la institución, como es el caso de G Suite de Google, a los que se debe aprovisionar las credenciales de autenticación cada vez que se da un mantenimiento de usuarios.

Por otra parte, es necesario mencionar que la Universidad de Cuenca cuenta con más de 40000 cuentas de usuario distribuidos en dos dominios de autenticación: *ucuenca.edu.ec* y *ucuenca.ec*. En el primero, se alojan las cuentas del personal docente, de investigación y administrativo; mientras que en el dominio *ucuenca.ec* están alojadas las cuentas de los estudiantes.

Inicialmente, se consideró juntar los usuarios de los dos dominios en uno sólo - *ucuenca.edu.ec*-, con el fin de optimizar los esfuerzos y recursos para mantener las credenciales de acceso e implementar el servicio de autenticación única. Para lograr este propósito, se realizó un análisis de los datos obtenidos de las fuentes de autenticación mencionadas en la Fig. 1, de donde se encontró inconvenientes como la existencia de nombres de usuario repetidos entre los dominios de autenticación; es decir, que el mismo nombre de usuario **UID** corresponde a dos personas diferentes. También se detectó que se tienen personas repetidas: una misma persona tiene más de una cuenta de usuario, ya sea en el mismo dominio, o una en cada dominio. A lo que se agrega el desconocimiento del número de usuarios que deben estar activos en las fuentes de autenticación: primero porque no se cuenta con una política institucional de gestión de usuarios, y luego porque el número de usuarios registrados en las fuentes de autenticación difiere notablemente. Existen reportes de incidencias en la Mesa de Soporte de TI que muestran credenciales inconsistentes por la utilización de caracteres especiales como ñ, vocales tildadas, o caracteres codificados en los **UID**, lo que ocasiona que al crear cuentas en los servicios de **G Suite** se genere una excepción y no se cree la cuenta, o no se pueda modificar sus datos personales.

Desde el punto de vista de acceso y autorización, se debe mencionar que cada sistema gestiona sus credenciales y concede acceso a los recursos de acuerdo a la información de una o más tablas de su base de datos. Esta configuración genera inconvenientes al momento de generar nuevos roles o perfiles porque no se cuenta con un proceso de autenticación, autorización y acceso único. De aquí surge la necesidad de implementar un mecanismo que permita gestionar la identidad de los

---

<sup>106</sup> Ezproxy es un servidor proxy web utilizado por bibliotecas para dar acceso desde el exterior de la red informática de la biblioteca, a un sitio web de acceso restringido que autentica los usuarios por dirección IP (Online Computer Library Center, Inc.)

usuarios de la comunidad universitaria de manera centralizada y automática a través de la dotación de un Servicio de Gestión de Identidad y Acceso federado a la Universidad de Cuenca que permita acceder a los servicios informáticos institucionales y otros servicios federados suscritos.

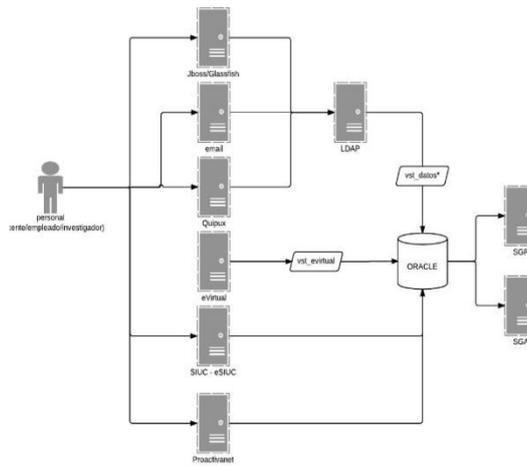


Fig. 1: Arquitectura utilizada para la autenticación de usuarios en los diferentes servicios provistos por la DTIC para la Universidad de Cuenca.

## 2 Antecedentes y Trabajos Relacionados

La Red de Investigación y Educación de América **-Internet2-** define a la gestión de Identidades (**IdM**) así: "...sistema integrado de procesos, políticas y tecnologías que permiten a las organizaciones facilitar y controlar el acceso de los usuarios a sus recursos y aplicaciones, permitiendo a la vez proteger su información confidencial, tanto personal como profesional, de usuarios no autorizados...". Adicionalmente, (Suess J., 2009) postula que para que un sistema de gestión de identidad y acceso sea exitoso se debe tener una concepción holística sobre las entidades y las interdependencias que existen entre ellos. Tal ambiente requiere que tres aspectos estén en su lugar para una protección y confianza adecuadas:

- Identificación: Asegurar que las credenciales electrónicas para el acceso a un sistema se concedan sólo a la persona correcta.
- Autenticación: Comprobar la validez de estas credenciales en el momento del acceso.
- Autorización: Determinar que a la persona así identificada se le ha otorgado la autoridad para realizar las acciones solicitadas.

Como complemento a este concepto, las redes académicas han adoptado la noción de una federación de identidades con el afán de apoyar la movilidad académica y el uso de servicios. Una federación es un grupo o conjunto de entidades que comparten la tecnología, estándares y casos de uso que permiten transmitir información de identidad de un usuario de manera segura facilitando la identificación, autenticación y autorización entre diferentes dominios. En una federación de identidades se establece un círculo de confianza que permite que un usuario (sujeto) autenticado en un organismo de la federación acceda a recursos (objeto) de otro organismo de la misma federación. La identificación se realiza en los Proveedores de Identidad (*IdP*). El Proveedor de Servicio (*SP*) al que accede el usuario confía en los datos del usuario que le son suministrados por el *IdP* y en función de los mismos autoriza al usuario a hacer uso de los recursos. Además, para que esta arquitectura sea efectiva es necesario definir una tabla de capacidades que tiene un determinado sujeto a los diferentes recursos protegidos por un sistema.

Para promover estas ideas, *Internet2* mantiene el programa *Trust and Identity* en Educación e Investigación *TIER* (*Internet2*, 2017) que ofrece recomendaciones y un paquete de componentes para gestionar la identidad y el acceso federado en entornos universitarios abarcando los aspectos fundamentales de la federación de identidades. Para la capa de identificación y autorización recomienda utilizar *Shibboleth* (*Jisc Services Limited*, 2017) que es un proyecto de código abierto que proporciona capacidades de inicio de sesión único y permite a los sitios tomar decisiones de autorización informadas para el acceso individual de recursos protegidos de manera que preserven la privacidad. Para la gestión de capacidades o acceso, se ha trabajado en el proyecto *Grouper* (*Internet2*, 2016) que maneja grupos y administra acceso a través de aplicaciones y rastrea información como afiliaciones o roles en el campus. *COmanage* (*Internet2*, 2016) es una plataforma que permite a los grupos de colaboración agilizar y gestionar los requisitos de las herramientas comunes de colaboración a los que tienen acceso. Los esquemas *eduPerson* y *eduOrg* (*Internet2*, 2016) diseñados para incluir atributos de persona y organización utilizados comúnmente en la educación superior y así facilitar el intercambio de información entre federaciones. *MACE Registres* (*Internet2*, 2016) para la identificación de esquemas de atributos de usuario personalizados para las instituciones que deseen implementarlo. *Multifactor Authentication* (*Internet2*, 2016) complementa la identificación tradicional al solicitar adicionalmente un código *-token-* generado aleatoriamente en un dispositivo móvil o en el navegador del usuario.

La adopción de este modelo, depende de la generación de una estructura de datos estandarizada para brindar interoperabilidad. Así, cada sistema o aplicación posee la misma infraestructura de identidad y acceso, con lo que se simplifica notablemente su administración y mantenimiento.

## 2.1 Trabajos Relacionados

La implementación de federación de identidades está bien documentada en el sitio REFEDS (*REFEDS*, 2017). En América existen seis federaciones registradas: CAFe Federation (Brasil), CAF Federation (Canadá), COFRe Federation (Chile), RENATA

Federation (Colombia), MINGA (Ecuador), InCommon Federation (Estados Unidos), siendo esta última la más grande con 2356 *IdP* y 6969 entidades registradas. A través de este visor de metadatos, se conoce que varias organizaciones han implementado *Shibboleth* para la gestión de la identidad y autenticación, pero se desconoce los mecanismos de control que se utilizan para gestionar la autorización y acceso a los recursos protegidos de los servicios de TI. Para citar casos de éxito basados en la propuesta *IAA*, la documentación de *Internet2* indica que en Estados Unidos se ha difundido ampliamente la implementación de *Grouper, EduPerson o EduOrg* para la construcción de plataformas *IAA* (Internet2, 2017). En lo relacionado al Ecuador, la documentación oficial de *CEDIA* (CEDIA - Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador, 2017), no detalla la implementación de una plataforma de gestión de identidad; pero, si se conoce de la implementación local de *Shibboleth* como en el caso de la Universidad Técnica Particular de Loja. Es así, que la Universidad de Cuenca es pionera en la implementación de una plataforma *IAA* para integrarla a sus sistemas de información y al esquema de federación de identidades a través de *MINGA* (CEDIA - Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador, 2017). Además, una vez puesto en producción el *IdP* en la Universidad de Cuenca, y tras ajustarlo a las normas de *MINGA* se pudo establecer la relación de confianza con la federación europea *Géant* para el dominio *ucuenca.edu.ec*, siendo los primeros en lograr independencia en la provisión de identidad para los usuarios con otras federaciones.

Este documento se detalla la experiencia obtenida en la ejecución del proyecto para la dotación de una plataforma de gestión de identidad y acceso federado, y está organizado de la siguiente manera: en el apartado 3 se describe el estado del arte propuesto por la asociación *Internet2*, quienes proponen el uso de un conjunto de herramientas complementarias que abordan los tres aspectos requeridos para que la gestión de identidades sea exitosa. En el apartado 4, se describen las pruebas de concepto realizadas con cada herramienta, como se integraron entre ellas y como se integrarán con los sistemas de información realizados en casa.

### 3 Arquitectura para la Gestión de Identidades y Acceso Federado

Entre sus objetivos estratégicos, la Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación de la Universidad de Cuenca (*DTIC*) se ha planteado la creación de una arquitectura orientada a servicios para cumplir con la demanda de sistemas de información impuestas por el modelo de negocio de la Universidad de Cuenca. Por esta razón, es necesario contar con una plataforma de soporte para la gestión de identidad y acceso federado robusta, segura e interoperable que permita gestionar el acceso a los recursos informáticos. Además, deberá fortalecer la seguridad informática, apegada a las recomendaciones dadas por *MINGA* para fomentar la colaboración interinstitucional.

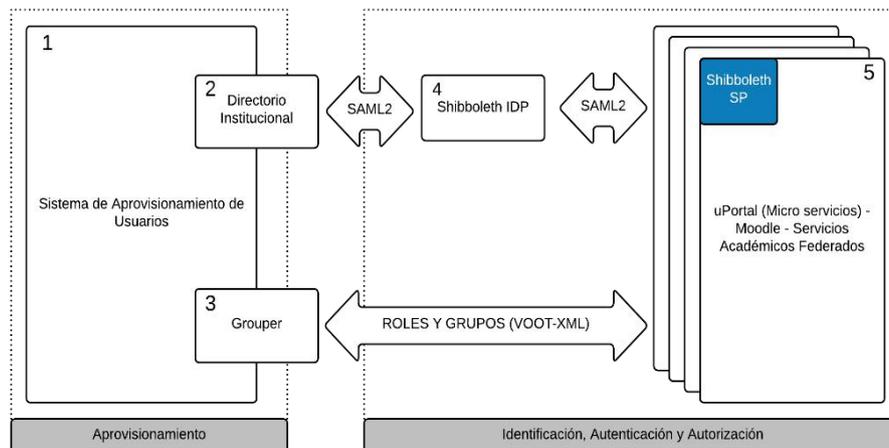
Para definir el alcance de la intervención, fue necesario plantear el escenario en el que se trabajará. Esto se realizó a través de dos acciones iniciales: la primera es consolidar la identidad de los miembros de la comunidad universitaria en una sola base de datos; la segunda es definir la granularidad para el control de acceso al que se

pretende llegar con los sistemas que se implementen a futuro. Entonces, se establece la ruta que se debe seguir a través de la implantación conjunta de los siguientes proyectos:

- Implementar un sistema de aprovisionamiento que permita alimentar el Directorio Institucional y que refleje una política institucional para la gestión de identidad y control de acceso.
- Implementar **Shibboleth** para la gestión de autenticación lo que contempla el proceso de pruebas y contingencia del servicio.
- Implementar **Grouper** para la gestión de roles en base a la estructura institucional.
- Implementar **uPortal** para la publicación de micro servicios que doten de recursos a los usuarios en virtud de su rol.

Estos proyectos abarcan los diferentes componentes que integran una solución de gestión de identidad, autenticación y autorización. En la Fig. 2, se ilustra la forma en la cual los componentes interactúan entre sí para dar como resultado una arquitectura integrada, robusta y confiable. Es necesario mencionar que la alta disponibilidad de la plataforma estará gestionada por un sistema de replicación del centro de datos.

La arquitectura propuesta está conformada por cinco macro componentes, agrupados en dos eventos. En el evento **Aprovisionamiento**, se define el sistema de aprovisionamiento de usuarios (1) que alimentará según sea necesario el Directorio Institucional (2) y al sistema de gestión de roles y accesos Grouper (3). Por otro lado, el evento **Identificación, Autenticación y Autorización**, que se desencadenará cada vez que un usuario solicite acceso a una aplicación a través de un navegador de internet, evento que consumirá la información definida en (2) y (3) a través **Shibboleth** para conceder el acceso a los recursos en **uPortal** u otra aplicación según corresponda.



**Fig. 2** Arquitectura propuesta para la plataforma de gestión de identidad y acceso federado para la Universidad de Cuenca.

La construcción de la plataforma *IAA* comienza por establecer la información requerida para alimentar el directorio institucional. La recomendación de *Internet2* para la interoperabilidad, incluye los esquemas comunes *Person*, *OrgPerson*, *inetOrgPerson* que vienen por defecto en una instalación *LDAP*. Sobre estos, estarán los esquemas *eduPerson* donde se definen los atributos federados. El esquema *Schac*, promocionado por la comunidad europea *TERENA*, incluye otros atributos para el intercambio de datos interinstitucionales (REFEDS, 2016). Sobre estos se presentan los esquemas nacionales, que para el caso de Ecuador no están definidos.

Luego, es necesario levantar cada componente por separado, modelar el comportamiento esperado para finalmente integrarlo y verificar si la funcionalidad obtenida es la esperada.

#### 4 Pruebas de Concepto

La validez de la arquitectura propuesta se estableció a través de varias pruebas de concepto *-PoCx-* que contemplan la configuración de los componentes de la plataforma en un ambiente controlado, pero considerando pruebas de aplicación real. La configuración de una *PoC* implicó investigación y revisión extensa de las funcionalidades de cada uno de los componentes involucrados en los eventos de la plataforma *IAA*; incluyendo el examen del modelo de datos y el control de los eventos internos requeridos para viabilizar el comportamiento esperado.

La primera, *PoC1.0*, o prueba de concepto base, consistió en la configuración de dos fuentes de autenticación: *OpenLDAP* y *AD* en Shibboleth IdP. Para cada caso, es necesario ajustar las plantillas de autenticación debido a que los *OID* de los atributos liberados no son iguales. Para ajustar la plataforma a los esquemas recomendados por

*TIER* (Internet2, 2017), se mapean los atributos en el *IDP* entre el esquema utilizado en el *AD* y el esquema *eduPerson* por la facilidad de implementación al no requerir modificación del sistema de aprovisionamiento de usuarios.

### 3.1 Prueba de Concepto Inicial –*PoCI.1*-

La *PoCI.1* validó la configuración de *Shibboleth SP* en dos servidores de aplicaciones web: *Apache* y *Tomcat* sobre Linux. En ambos casos, su configuración implica la aceptación de la metadata del *SP* para la configuración de “*Relying Party*” en el *IdP*. De esta manera se pudo determinar que *Tomcat* no soporta nativamente la instalación de un *SP*, por lo que, para capturar los atributos liberados por el *IdP* tras la autenticación, es necesario instalar un proxy sobre Apache. Este módulo adicional, se encargará de capturar las peticiones dirigidas al recurso protegido, interactuar con el *IdP* para obtener los atributos liberados para el *SP*, y pasarlos hacia *Tomcat*; desde aquí dependerá de la aplicación.

### 3.2 Prueba de Concepto de Doble Factor de Autenticación –*PoCI.2*-

El fortalecimiento de la seguridad y confidencialidad se puede lograr a través de la implementación de un sistema de doble autenticación que complementa la autenticación tradicional en los servicios de TI. En otras palabras, además de requerir un nombre de usuario y contraseña, solicita el ingreso de un segundo factor de autenticación, como puede ser un código de seguridad. Generalmente, este código se genera en un dispositivo del usuario que luego debe ingresarlo para validar su identidad en el sistema. Para la *PoCI.0* se integró *Shibboleth-IdP3TOTP-Auth* (Korteke, 2017) en el *IdP*. Este es paquete permite modificar el flujo de usuario - contraseña, al solicitar un código generado por una aplicación móvil o el complemento de *Google Chrome* para *Google Authenticator*. La primera vez que el usuario accede al servicio, le solicita la creación de la semilla del código en su *Google Authenticator*. Al leer el código *QR*, se genera el enlace requerido para las siguientes solicitudes de acceso. En el tercer paso, luego de que el *IdP* valide la identidad del usuario, se notifica la entrega de los atributos listados al *SP*. El usuario deberá aceptar este paso, para ser promocionado al recurso protegido.

### 3.3 Prueba de Concepto con Moodle –*PoCI.3*-

Una vez construida la plataforma, fue necesario validar la funcionalidad con uno de los servicios que ofrece la *DTIC*: el entorno virtual de aprendizaje basado en *Moodle LMS*. El proyecto de mejoramiento del entorno virtual, entre otros objetivos, trata de integrarlo con el sistema de gestión académica para recuperar la información de usuarios (docentes o estudiantes), cursos, carreras y contenidos de las asignaturas con el objetivo de integrar los servicios de TI y brindar una mejor experiencia a los usuarios de la comunidad universitaria. Para esto se han analizado dos métodos: El primero a través del aprovisionamiento utilizando los servicios web provistos por

*Moodle*, y el segundo a través del plugin para enrolamiento utilizando el protocolo *VOOT*<sup>107</sup> (GEANT, 2017).

En la *PoCI.3*, el servidor web utilizado es un *Apache*, que pasa a través de un Proxy con balanceo de carga, lo que requiere una configuración adicional en el *SP*. Para el evento *Aprovisionamiento*, se preparó la plataforma *Moodle* para el mantenimiento de cursos, docentes y estudiantes a través del plugin *VOOT*. Esta configuración requiere que en *Grouper*, se creen carpetas (que representan los cursos y carreras), sus miembros y permisos. Sin embargo, es importante notar que *Moodle* necesita conocer a los usuarios antes de aprovisionar los cursos, por lo que los usuarios deben pasar por el evento de *IAA* a menos una vez o se presentará el error “usuario desconocido.”<sup>108</sup>. Este evento es gestionado por *Shibboleth*, que reportará los atributos requeridos por el *SP*. El *plugin* de autenticación deberá configurarse de tal manera que mapee los atributos recibidos desde el *IdP* con los campos de usuario definidos en su base de datos. Una vez finalizado este evento, se presenta el espacio personal del usuario en la plataforma virtual, con los cursos en donde se ha enrolado y los datos personales mapeados en la base de datos local.<sup>109</sup>

### 3.4 Prueba de Concepto con uPortal –PoCI.4-

La nueva arquitectura de sistemas de información está basada en el desarrollo de microservicios. Se espera que, a mediano plazo, se pueda desplegar un portal único de acceso a Servicios de TI. De esta manera, los usuarios podrán recordar una única dirección URL, en la que luego de autenticarse les presentará los servicios a los cuales tienen permisos de acceso. Las aplicaciones basadas en microservicios publicados en el portal permiten a los usuarios acceder a un conjunto de recursos protegidos en virtud de su rol. Entre otras, los usuarios acceden a la visualización de información básica personal, la visualización de información corporativa de seguridad o los mecanismos de cambio de contraseña, tanto propias como de cuentas genéricas de las que el usuario es responsable. Para probar este concepto se preparó el *PoCI.3*, donde se integra la plataforma *IAA*, con el proyecto *uPortal* desarrollado por la comunidad Apereo (Apereo, 2017).

Para la *PoCI.4*, se utiliza un servidor *Tomcat* detrás de un proxy sobre *Apache*. La configuración interna de *uPortal*, permite capturar los atributos liberados por el *IdP* y así gestionar la identidad del usuario en el contexto de la aplicación.

### 3.5 Prueba de Concepto con aplicaciones basadas en microservicios –PoCI.5-

---

<sup>107</sup> *VOOT* es un protocolo para intercambiar información de grupos a aplicaciones, definidas dentro de *GN3-JRA3-T2* (Tarea de Federaciones de Identidad) de la comunidad europea *Gèant*. El *plugin* desarrollado para *Grouper* implementa la versión 0.9 del protocolo *VOOT*.

<sup>108</sup> Mayor información sobre el procedimiento para realizar esta configuración la encontrará en (GEANT, 2017)

<sup>109</sup> Luego de cada *IAA* exitosa, los atributos de usuarios serán actualizados.

En la **PoCI.5** se evalúa la factibilidad de integración de la herramienta **Grouper** con aplicaciones desarrolladas en casa. Primero, se plantea la posibilidad de delegar la administración de grupos a diferentes usuarios con el objetivo de descentralizar el control de roles y así agilizar el trabajo de las diferentes unidades de la Universidad. Adicional a la configuración realizada en la **PoCI.3**, se considera utilizar a **Grouper** para gestionar los roles de los usuarios y el acceso a los recursos protegidos en las aplicaciones que se están desarrollando. Dado que se han definido una gran cantidad de grupos, se desarrolló un servicio web en **JAVA** que filtre los grupos que de interés y les exponga como un objeto **JSON** a los aplicativos. Este servicio no recibe como parámetro el usuario, pues al superar el evento **IAA** obtiene este dato de las cabeceras **HTML**, luego consume los servicios web de **Grouper**, filtra y formatea la información. Como resultado se tiene una interfaz gestionada en base al rol del usuario.

## Conclusiones y Trabajos Futuros

La utilización de herramientas de código abierto y acceso gratuito permiten que las instituciones cubran necesidades similares con menor esfuerzo, ya que el trabajo de sus grupos de desarrollo se enfocará en la integración de herramientas de software con sus necesidades. Es así que en este caso, la adopción de las recomendaciones propuestas por la iniciativa **TIER** permite que la Universidad de Cuenca cuente con una plataforma robusta para la gestión de identidad y acceso federado evitando el esfuerzo de un desarrollo en casa, pero siempre apegado a la innovación.

Otro factor de éxito en este proyecto fue la adquisición de destrezas por parte de los técnicos involucrados. En fase experimental, fue posible jugar con los diferentes parámetros que ofrecen las herramientas para su implementación e integración fomentando el aprendizaje por ensayo y error; de tal manera, que los técnicos involucrados en el proyecto han adquirido destrezas tanto para la administración de la plataforma construida como para definir propuestas de trabajo que amplíen su alcance inicial planteado, y además la personalización del código.

Por otro lado, si bien las pruebas de concepto descritas en este documento están aún en una fase beta de producción, en cada integración requerida por el equipo de desarrollo se van afinando los detalles de funcionalidad esperada de tal manera que puedan ser puestos en producción sin mayor complicación, y así completar el conjunto de herramientas necesarias **IAA**.

Finalmente, quedan pendientes por desarrollar proyectos como la adopción de **CoManage** y la estandarización del Directorio Activo con los esquemas **eduPerson**, **Schac** y la construcción del portal de usuario sobre **uPortal** las aplicaciones basadas en microservicios.

También, una vez que la federación **Géant** ha reconocido el **IdP** de la Universidad de Cuenca, es posible suscribir acuerdos con servicios de red avanzada internacionales que favorezcan a la docencia e investigación de nuestra comunidad universitaria, y así fortalecer el concepto de federación de identidades que busca este proyecto entre sus objetivos.

## Agradecimientos

Este trabajo es parte del Plan Operativo 2017 de la Dirección de Tecnologías de Información de la Universidad de Cuenca, y ha sido apoyado por la investigación realizada para la tesis “Diseño de Procesos Estrategia de Estrategia de Servicios” que actualmente está en desarrollo.

## Referencias

1. Apereo. (2017). uPortal Documentation. Obtenido de <https://www.apereo.org/projects/uportal/uportal-documentation>
2. GEANT. (2017). Cross Domain Group Information Exchange. Obtenido de <https://wiki.geant.org/display/gn3pjra3/VOOT+-+Cross+Domain+Groupinformation+Exchange>
3. GEANT. (2017). How to integrate Moodle with Grouper. Obtenido de <https://wiki.geant.org/download/attachments/24215762/HOWTO%20Integrate%20Moodle%20with%20Grouper%20on%20Ubuntu%20Linux%2012.04.pdf?version=2&modificationDate=1416492228317&api=v2>
4. Internet2. (08 de 2016). Comanage. Obtenido de <http://www.internet2.edu/products-services/trust-identity/comanage/>
5. Internet2. (2016). EduPerson & EduOrg. Obtenido de <http://www.internet2.edu/products-services/trust-identity/eduperson-eduorg/>
6. Internet2. (21 de 12 de 2016). Grouper Wiki Home. Obtenido de <https://spaces.internet2.edu/display/Grouper/Grouper+Wiki+Home>
7. Internet2. (2016). INCOMMON MULTIFACTOR AUTHENTICATION. Obtenido de <http://www.internet2.edu/products-services/trust-identity/incommon-multifactor-authentication/>
8. Internet2. (2016). Mace Registries. Obtenido de <http://www.internet2.edu/products-services/trust-identity/mace-registries/>
9. Internet2. (13 de 03 de 2017). Trust and Identity in Education and Research. Obtenido de <http://www.internet2.edu/vision-initiatives/initiatives/trust-identity-education-research/>
10. Internet2. (2017). Use Cases by Category. Obtenido de <https://spaces.internet2.edu/display/Grouper/Use+Cases+by+Category>
11. Jisc Services Limited. (2017). Shibboleth. Obtenido de <https://shibboleth.net/about/basic.html>
12. Korteke. (2017). Korteke Shibboleth Totp Auth complement. Obtenido de <https://github.com/korteke/ShibbolethIdP3-TOTP-Auth>
13. Online Computer Library Center, Inc. (s.f.). <http://www.oclc.org/en/ezproxy/features.html>. Recuperado el 03 de 2017
14. Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador. (13 de 03 de 2017). [cedia.org.ec](https://www.cedia.org.ec). Obtenido de <https://www.cedia.org.ec/minga>
15. REFEDS. (2016). REFEDS SCHAC - SCHEMA for ACademia . Obtenido de <https://wiki.refeds.org/display/STAN/SCHAC+Releases>

16. REFEDS. (2017). REFEDS - Research and Education FEDerations group. Obtenido de <https://met.refeds.org>
17. Suess J., M. K. (2009). IAM. Identity Management and Trust Services: Foundations for Cloud Computing, 44, 5.
18. Switch - AAI. (2017). Switch AAI Interfederation International Attributes. Obtenido de <https://www.switch.ch/aai/docs/interfederation/international-attributes.html?homeOrg=ucuenca.edu.ec&homeOrgType=university#setupForm>

## Firma Digital en Costa Rica. Caso de Éxito en la Universidad de Costa Rica

Adrián Alvarado Ramírez<sup>a</sup>, Sergio Daniel Blanco Zeledón<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Escuela de Ciencias de la Computación e Informática,  
Universidad de Costa Rica,  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica  
<sup>b</sup> Centro de Informática, Universidad de Costa Rica,  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

### Resumen

A lo largo de la historia, el hombre ha tenido la capacidad de poder almacenar información y recordar eventos que han acontecido. Adicionalmente, ha visto la necesidad de dar una seguridad a esta información con la finalidad de evitar que los datos no sean modificados a lo largo del tiempo y mantener la información tal como se generó en el momento. El presente artículo pretende dar un vistazo sobre la evolución de los documentos en la historia humana, su almacenamiento y seguridad del mismo hasta en la era tecnológica. Finalizando cómo la Universidad de Costa Rica tomó la iniciativa de desarrollar una herramienta que permita facilitar el uso de la firma digital para la sociedad.

**Palabras claves:** documento, documento electrónico, firma digital, firma electrónica.

**Eje temático:** TIC para la Gestión.

### 1 Documento

El término “documento” se asocia a un soporte que contiene un dato, una información de un hecho o de una actividad humana o su resultado que no siempre contiene una grafía (por ejemplo el alfabeto)[1]. La evolución de la escritura, conlleva el desarrollo de herramientas que permitieran mantener y recordar la información. Algunas de ellas [2]:

- Tablilla de arcilla: planchas rectangulares o circulares, la escritura fue dispuesta en columnas.
- Rollo de papiro: se almacena de forma de rollo, la escritura se trazaba paralelamente a las fibras horizontales, en una sola cara de la hoja y se distribuía de forma columnar.
- Pergamino: permite el doblado en folios y ser cosido para encuadernación, lo que da origen a los libros .

El libro se ha mantenido por largo tiempo como la herramienta para el almacenamiento de la información, posteriormente aparece la fotografía, la cual da inicio formalmente registrado en manuscritos de Leonardo da Vinci (1452-1519) [3]. Con el desarrollo de la fotografía se origina la creación del cine, cuya primera creación se asocia a los hermanos Auguste y Antoine Lumière en diciembre de 1895 en París [4] . También se desarrolló la grabación y reproducción del sonido, en el siglo XIV aparece un elemento que generalmente incorporaba la información denominado “cilindro de púas” y se utilizó inicialmente en relojes mecánicos

productores de sonido. Este fue mejorando, alcanzando su perfeccionamiento conociéndolo actualmente como las cajas de música. Con el transcurso del tiempo, el hombre logró contar con un instrumento que permite grabar y reproducir sonido, creándose en 1877 por Thomas Alva Edison, el fonógrafo, instrumento que permitió grabar y reproducir sonido. A partir de este punto se inicia el desarrollo de toda la industria del desarrollo musical y de los instrumentos de grabación y reproducción de sonido [5]. Así vemos de forma general los nacimientos de los primeros documentos en las distintas representaciones que el hombre ha trabajado: grafía (papel), audio y video.,Se puede establecer entonces que un documento es un objeto producto de la actividad humana, que sirve de fuente de conocimiento y que demuestra o prueba algo, fijado en un soporte perdurable que contiene información [6].

Dentro de la teoría archivística, un documento cuenta con tres características[7]:

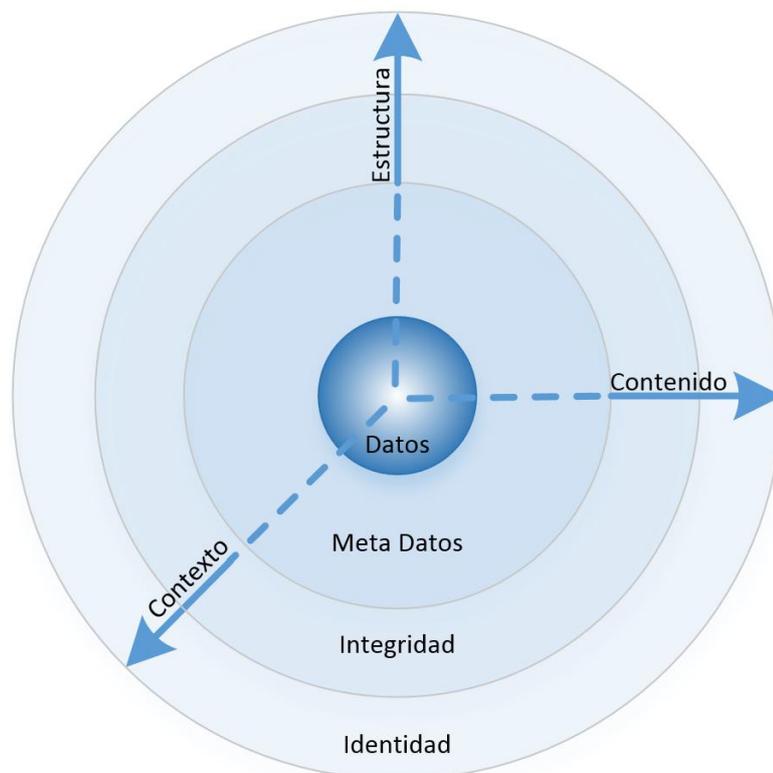
1. El contenido: se asocia a lo que se desea ilustrar o representar un hecho, con información recopilada del mismo.
2. El contexto: se asocia al entorno en el que se crea el documento, para esto se establecen tres contextos generales: jurídico-administrativo, documental y tecnológico.
3. La estructura: describe como está organizado los datos, lo cual permite describir la organización de los datos en el documento.

Dentro de la legislación de Costa Rica, se define el documento como “una combinación de soportes e información registrada, los cuales pueden ser utilizados como prueba y consulta”[8]; en el Código Procesal Civil costarricense establece distintas clases de documentos los cuales hace mención a documentos escritos, impresos, planos, dibujos, DOCUMENTO ELECTRÓNICO cuadros, fotografías, fotocopias, radiografías, cintas cinematográficas, discos, grabaciones magnetofónicas [9].

### **1.1 Documento Electrónico**

Un elemento que no se ha cubierto es como un documento se incorpora dentro del mundo electrónico o informático, y es donde se crea el concepto de “documento electrónico”. Este mantiene el concepto original de “documento”, lo que cambia es la base donde se almacena la información registrada, pasándolo de un medio físico (libros, notas) y analógico (instrumentos usado para almacenar el sonido y video en sus inicios) a un medio electrónico[1] .

En Costa Rica un documento electrónico es “cualquier manifestación con carácter representativo o declarativo, expresada o transmitida por un medio electrónico o informático” [10]. Adicionalmente, el documento electrónico contiene datos adicionales conocido como “metadatos”, los cuales proporcionan contexto, estructura y firma de un documento, contribuyendo al valor probatorio a lo largo del tiempo como evidencia electrónica de las actividades, manteniendo de esta manera la identidad del documento como tal. De forma conceptual, podemos visualizar los componentes de un documento electrónico que se muestra en la Ilustración [11].



**Ilustración 1** Componentes de un documento electrónico: tomado de: [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/pae\\_Estrategias/pae\\_Interooperabilidad\\_Inicio/pae\\_Normas\\_tecnicas\\_de\\_interoperabilidad.html](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Estrategias/pae_Interooperabilidad_Inicio/pae_Normas_tecnicas_de_interoperabilidad.html)

En la ilustración anterior visualizamos cuatro (4) áreas del documento a saber:

1. Datos: asociado a la información propiamente que tiene el documento.
2. Metadatos: información adicional del documento donde se involucra elementos adicionales que los datos no tienen, por ejemplo: fecha de creación, palabras claves del documento, resumen del documento, otros, es decir es un “dato que define y describe otros datos”[11].
3. Integridad: junto con los metadatos se asocia la firma digital la cual le garantiza que los datos y los meta datos registrados no hayan sido alterados.
4. Identidad: todas las tres áreas anteriores en una sola da la representación de la identidad del documento como un todo.

También, las tres características de archivista de contenido, estructura y contexto cubren todo el ámbito del documento.

Con el uso del documento electrónico, el hombre ha logrado aumentar la capacidad de almacenamiento de la información en espacios reducidos, sustituyendo de alguna forma el libro, facilitando el trabajo diario del ser humano, pero imponiendo otros

retos, como lo es el mantenimiento de la información electrónica, mecanismos de seguridad de acceso y el aseguramiento de la autoría del documento.

## 2 Firma Electrónica

Un elemento que va de la mano a un documento (principalmente a documentos con base de papel o representación de grafía) es la “firma autógrafa”, la que inicialmente es utilizada para dar autenticidad al contenido por la persona que lo crea. Puede ser una combinación de caracteres alfabéticos cruzados con líneas en diversas direcciones, lo que individualiza al ser humano y se muestra como evidencia para señalar su voluntad de forma permanente [12]. La firma autógrafa se asocia para un documento físico, sin embargo, no es posible ser utilizada en los documentos electrónicos con la misma intención, por lo que se define el concepto de *firma electrónica* para los documentos electrónicos, es decir, la *firma electrónica* “se ve como un conjunto de datos que se adjunta o asocia a otro conjunto de datos y es capaz de identificar al firmante.”[7]

Para poder hacer uso de la *firma electrónica* es necesario utilizar la *firma digital* Este concepto se introdujo en 1976 por Diffie y Hellman donde se establece como un conjunto de datos que se asocian a un mensaje para dar la validez de identidad de la persona que envió el mensaje y la integridad del mensaje propiamente [13].

Con base a lo anterior la *firma electrónica* es un concepto más amplio que el de firma digital, pues tiene una naturaleza fundamentalmente legal y le confiere a la firma digital un marco normativo que le otorga validez jurídica, donde se considera el establecimiento formal de estructuras organizativas y técnicas para dar soporte del servicio de la firma digital [11] [14] [15].

En Costa Rica, mediante la Ley 8454, establece un marco jurídico para el uso de la firma digital especificando que es “cualquier conjunto de datos adjunto o lógicamente asociados a un documento electrónico, que permitan verificar su integridad, así como identificar en forma unívoca y vincular jurídicamente al autor con el documento electrónico”. Esta ley establece únicamente el concepto de *Firma Digital*, por lo que no considera en el contexto legal el uso del término de *Firma Electrónica* para efectos legales.

Con el establecimiento esta ley, se permite a las personas tanto físicas como jurídicas en tener la opción de no trasladarse para la realización de trámites financieros, legales, artísticos, u otros. Así, el uso de la firma digital en documentos electrónicos te garantiza [7] [16] [17]:

- Autoría: la información del documento y su firma electrónica que corresponden indudablemente con la persona que ha firmado.
- Integridad: la información contenida en el texto electrónico, no ha sido modificada luego de su firma.
- No repudio: la persona que ha firmado electrónicamente no puede negar la autoría.

La firma digital se basa en el uso de la criptografía, que es la ciencia de cifrar y descifrar información utilizando técnicas matemáticas, para garantizar el intercambio

de información segura. Específicamente se utiliza el *método asimétrico* el cual consiste en la generación de dos claves o llaves digitales a saber [17]:

- Llave privada: la cual es almacenada por el dueño de la firma digital y no deberá ser compartida a ninguna otra personal.
- Llave pública: la que es conocida y distribuida a las personas que se relacionan con el dueño de esta llave.

Existen varios tipos de firmas digitales [7] [15] [18]:

1. Firma digital simple: incluye un método de identificar al firmante (autenticidad).
2. Firma digital avanzada: además de identificar al firmante (firma digital simple), permite garantizar la integridad del documento a lo largo del tiempo.
3. Firma digital reconocida: es una firma digital avanzada donde se utiliza un dispositivo seguro para su creación y certificados cualificados se conoce como firma digital segura.

En la actualidad, el uso de firma electrónica puede tener muchas funcionalidades, algunos son [19]:

1. Sellado de tiempo.
2. Firma WebSeguro.
3. Firma PDA.
4. Firma WebSite.
5. Evidencias Electrónica.
6. Digitalización Certificada.
7. Establecimiento de conexiones seguras entre personas
8. Establecimiento de conexiones seguras entre dos servidores.

### 3 Caso de Éxito

La Dirección de Certificadores de Firma Digital de Costa Rica, solicitó colaboración al Centro de Informática(CI) de la Universidad de Costa Rica, desarrollar un componente que permita aplicar firma electrónica XADES-XL en documentos ODF, pues actualmente dentro de la herramienta ofimática LibreOffice u OpenOffice no se contaba con un componente de tal alcance, únicamente se tiene firma digital básica la cual permite firmar un documento electrónico, pero no garantiza el documento a lo largo del tiempo como si lo hace la firma electrónica XADES-XL .

Por lo anterior, se da inicio en el año 2013 por el CI, la investigación y desarrollo de un componente de firma avanzada para documentos de formato abierto. Para este desarrollo, la Dirección de Certificadores de Firma Digital de Costa Rica, indica la disponibilidad del código fuente de la plataforma de firma digital del gobierno Belga, el cual se puede tomar como base inicial para la implementación de dicho componente.

Esta plataforma ofrece varios servicios, algunos son [20]:

1. eID Trust Service: servicio que permite realizar la validación de los certificados emitidos, por la estructura del certificados del gobierno Belga.

2. eID Identity Provider : permite proveer a los ciudadanos del gobierno de Bélgica una herramienta de autenticación de los ciudadanos que tienen firma electrónica.
3. eID Digital Signature Service: le permite a los ciudadanos firmar documentos electrónicos y verificar firmas a documentos electrónicos firmados.
4. eID Middleware: ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas [21].

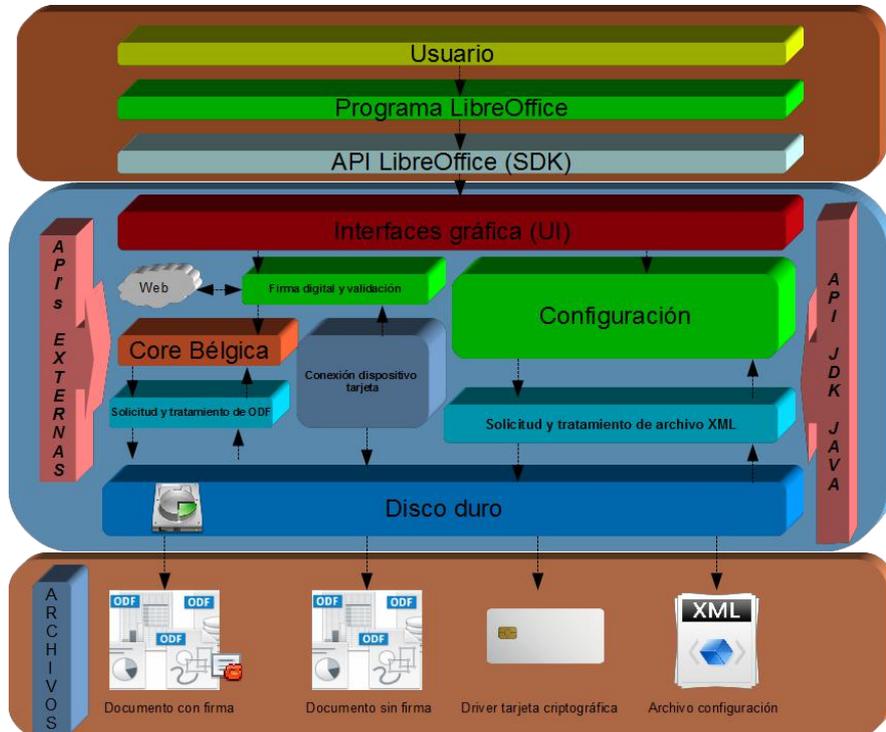
Así se da inicio al proyecto de “Implementación de Componente para firma electrónica XADES-XL para LibreOffice”, donde reúne a un equipo de profesionales en TIC para la especificación del componente y se contrata a un desarrollador para la implementación del mismo. el objetivo del proyecto fue “desarrollar componente para firmar documentos con formato OpenDocument” tales como: documento de texto (.odt), hoja electrónica (.ods), presentación (.odp) y diseño de dibujos (.odg) estableciendo inicialmente los siguientes requerimientos:

1. Multiplataforma: debe ser soportado en los sistemas operativos de mayor uso a saber: Windows, Linux .
2. Lectura de firma: debe permitir hacer lectura de la firma por medio del dispositivo lector instalado en el computador.
3. Lista de firmas: debe permitir mostrar una lista de las firmas que han sido aplicadas al documento que está abierto.
4. Aplicar firma a un documento: debe de aplicar el algoritmo de firma electrónica (XADES-XL) al documento y ser almacenado dentro de este, con un archivo con formato “xml” establecido para almacenar firmas digitales.
5. Verificar las firmas de un documento: Debe realizar el proceso de verificación de una o de varias firmas del documento.

Teniendo definido los requerimientos de funcionalidad del componente se establecen las siguientes etapas para su implementación, a saber:

1. Componente para LibreOffice: se hace una investigación para identificar cómo se crea una extensión para LibreOffice u OpenOffice donde se genera el documento *Creación de extensiones para LibreOffice 4.X*.
2. Algoritmo de firma de documentos y verificación de documentos: se realiza una extracción del código para firmar ODF de la plataforma belga, generando el código necesario para que sea funcional en un computador.
3. Creación del Componente para LibreOffice, se crea la primera versión del componente de LibreOffice el cual es funcional en plataformas MS-Windows y GNU/Linux.

Como producto final de esta primera versión es la siguiente arquitectura del componente de firma XaDES-XL para LibreOffice.



**Ilustración 2** Arquitectura Componente Firma Digital versión 1.0: fuente Centro de Informática, UCR

En la ilustración 2 podemos apreciar:

1. API LibreOffice(SDK): es la interfaz de programación de aplicaciones el cual permite interactuar con los componentes que se definan para el LibreOffice.
2. Interface Gráfica GUI: es la parte visual del componente en si de firma digital que permite interactuar con el usuario para aplicar firma digital, realizar configuración o visualizar las firmas aplicadas a un documento.
3. Firma digital y validación: se encarga en realizar la validación de los certificados que están almacenados en el dispositivo (Tarjeta inteligente, Token, otro).
4. WEB: el componente “firma digital y validación” accede por medio de la WEB para realizar las validaciones necesarias en los servicios de firma digital que están publicados en esta nube.
5. Conexión dispositivo Tarjeta: permite acceder a los certificados que están almacenados en el dispositivo, para nuestro caso la tarjeta inteligente.
6. Configuración: almacena los datos de configuración del componente para acceder al dispositivo y a URLs que no están registrados en la tarjeta inteligente, como es el caso del URL de sellado de tiempo.

7. Solicitud y tratamiento archivo XML: encargado de validar la existencia del archivo de configuración XML en el disco duro.
8. Core Bélgica: paquete encargado en aplicar la firma digital al documento, generando un una copia del documento e insertando la firma digital XadEs-XL.
9. API JDK JAVA: encargado de interactuar con la aplicación y la máquina virtual de JAVA, para utilizar las bibliotecas de java que comunican a la tarjeta.
10. API externas: Librerías como las de BouncyCastle y otras para poder trabajar con los certificados y los XML's
11. Archivos: área de almacenamiento donde se almacena el documento sin firma, documento firmado digital-mente, el archivo de configuración y driver del dispositivo inteligente.

Para cumplir con la posibilidad de que el componente pueda ser usado en las dos plataformas (MS-Windows y GNU/Linux), se presentó la situación en que la conexión con la tarjeta inteligente es distinto en cada plataforma por lo que se desarrolló un componente para cada una.

Esta primera versión del componente de firma digital permite abrir la posibilidad de que los usuarios puedan generar documentos y una vez finalizados aplicar la firma digital para ser enviados por los medios electrónicos que la organización establezca para el proceso de gestión documental.

Posteriormente se realiza varias mejoras del componente, las cuales se listan a continuación.

1. Se modificó el mecanismo de conexión con la tarjeta inteligente en la plataforma GNU/Linux, de modo que ahora se realiza igual que en la plataforma MS-Windows. Esto permitió a su vez considerar la posibilidad de tener un único código para ambas plataformas, lo cual se realizó en una etapa posterior.
2. Se modificó la funcionalidad de consulta de sellado de tiempo, la consulta del estado del certificado mediante el protocolo OCSP y la firma, para utilizar el algoritmo de encriptación SHA-256, como parte del proceso de mejoras de la plataforma de firma digital impulsada por el Banco Central de Costa Rica.
3. Se implementó el componente de firma para la plataforma Mac OS. Durante el desarrollo de este componente, surgieron problemas de incompatibilidad de LibreOffice con el entorno de ejecución de Java, lo que implicó realizar un re-diseño de la aplicación. Como etapa final de este re-diseño, se creó un único código para todas las plataformas.
4. Se agregó la funcionalidad para firmar múltiples documentos ODF.

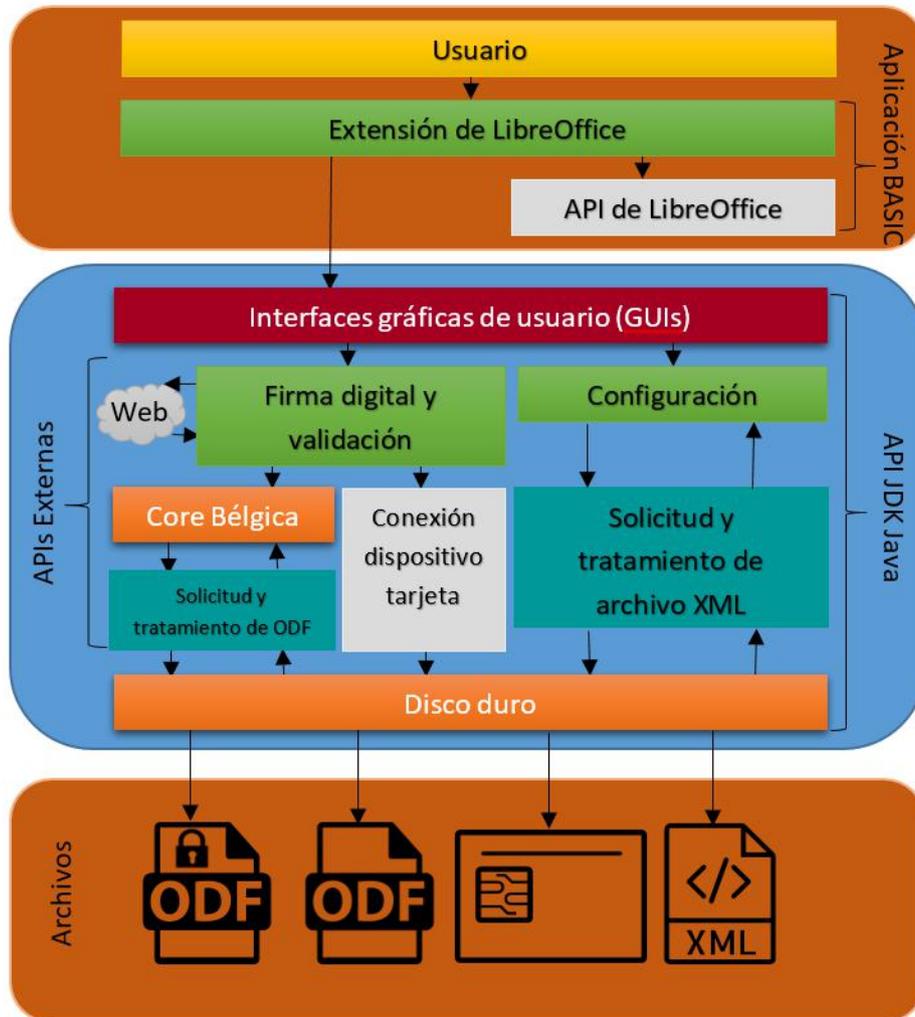
En la primera versión del componente de firma digital avanzada para el sistema GNU/Linux, la conexión con la tarjeta inteligente se realizaba mediante librerías del navegador Mozilla Firefox. Esta implementación era diferente de la de MS-Windows, la cual utiliza el API PKCS#11 provisto en el JDK. Se procedió a migrar ésta funcionalidad a Linux, con la correspondiente adaptación del código asociado a la lectura y carga de archivos desde el sistema de archivos. Esto implicó adaptar la funcionalidad asociada con el acceso al archivo de configuración, la funcionalidad de

carga de la librería nativa del lector de tarjeta, y la funcionalidad de interacción con la tarjeta inteligente. Al tiempo que se realizaban estos cambios, se comenzó a planificar los cambios necesarios para unificar el código de manera que sirviera para ambos sistemas operativos sin mantener dos repositorios diferentes. Esto se logró posteriormente, durante la implementación del componente para la plataforma Mac OS.

Durante los años 2015 y 2016, el Banco Central de Costa Rica realizó mejoras en su plataforma de firma digital, con miras en fortalecer la seguridad mediante la implementación de algoritmos de encriptación más robustos. Es con este motivo, que se implementó el uso del algoritmo de encriptación SHA-256 en los certificados, lo que implicó también un cambio en la funcionalidad asociada con la consulta de sellado de tiempo y la consulta del estado del certificado.

Con el objetivo de ampliar la difusión del componente de firma digital avanzada, se implementó para la plataforma Mac OS. Durante el desarrollo de esta versión, se encontró que hay incompatibilidades entre LibreOffice y el entorno de ejecución Java de Oracle en Mac OS [22] [23] [24] [25]. Para solucionar los problemas presentados, se rediseñó la aplicación para separar, la funcionalidad de firma, de la interfaz con el usuario de LibreOffice. Para esto, se desarrolló una extensión programada en OpenOffice BASIC[26], el cual es un lenguaje interpretado con sintaxis BASIC, desarrollado para OpenOffice, que deriva del lenguaje desarrollado para suite ofimática de la que éste hereda [27]. La nueva extensión recibe las acciones del usuario desde la interfaz gráfica, y ejecuta la aplicación Java de firma digital de manera independiente. El componente de firma se reprogramó para facilitar la interacción mediante parámetros con la extensión. Adicionalmente, se consideró para el nuevo diseño la integración de un único código base multiplataforma para MS-Windows, Mac OS y GNU/Linux, lo que permite tener actualmente un único componente.

En la Ilustración se muestra el diagrama de la arquitectura de la última versión del componente de firma digital avanzada. En primera instancia, tenemos la interacción del usuario con la extensión de LibreOffice. La extensión interactúa con el documento mediante el API de LibreOffice, y ejecuta el componente java, cargando las interfaces gráficas de usuario correspondientes para la firma y la configuración. El módulo de configuración crea y carga un archivo XML, el cual puede ser administrado desde una ventana gráfica. El módulo de firma utiliza la funcionalidad web de validación y consulta de sellado de tiempo, los drivers de la tarjeta inteligente, el Core Belga y el sub-módulo de solicitud y tratamiento de archivos ODF, el cual se encarga de crear el archivo con la firma digital a partir del archivo sin firmar.



**Ilustración 3** Arquitectura Componente Firma Digital versión 3.0:

fuente Centro de Informática UCR

De esta manera podemos ver como se logra independizar el componente de firma electrónica con el API de LibreOffice, permitiendo su interoperatividad en cualquiera de las tres plataformas de sistema Operativo.

### 3.1 Pasos siguientes de firma digital

En la Legislación costarricense se establece tres formatos de firma de documentos electrónicos a saber[28]:

1. XaDES-X-L: Basado en la especificación ETSI TS 101 903, en su última versión oficial, para documentos en formatos XML.
2. PadES Long Term (PadES LTV): Basado en la especificación ETSI TS 102 778, en su última versión oficial, para documentos en formatos PDF y sus formatos extendidos.
3. CADES-X-L : Basado en la especificación ETSI TS 101 733, en su última versión oficial, para documentos con información codificada en binario.

Actualmente la Universidad de Costa Rica ha logrado desarrollar el componente para poder firmar documentos con formato ODF, sin embargo, es importante indicar que no solamente el desarrollo de una herramienta permitirá adoptar la firma digital dentro de la organización.

Es necesario contar con un equipo interdisciplinario que permita adoptar la herramienta dentro de la organización, algunos de estos son:

1. Archivistas: administra y sirve los documentos de archivo que se producen en la organización en el ejercicio de sus funciones, estos documentos que se van ubicando en las diversas oficinas son la evidencia de la gestión realizada por la empresa y hace referencia de su historia. [29]
2. Ingeniero Industrial: es la persona que se ocupa de aumentar la eficiencia y eficacia de sistemas y procesos integrados, aplicando los conocimientos de las ciencias exactas, las ciencias sociales y la tecnología, en conjunto con los principios y la metodología del análisis y diseño de la Ingeniería[30]
3. Jefatura: personal administrativo que dirige y toma decisiones para el buen funcionamiento del departamento u organización.

Se tiene considerado ampliar la funcionalidad de este componente incorporando la firma PadES Long Term y CADES-X-L para así lograr cubrir todo el ámbito de formatos legalmente establecidos en Costa Rica.

De esta forma, el componente de firma digital podrá tener la posibilidad de aplicar firmas en los tres protocolos establecidos en Costa Rica, con el fin de lograr contar con la mayor capacidad de cobertura en la manipulación de documentos electrónicos.

Por otro lado, el Centro de Investigaciones en Tecnología de la Información y Comunicación (CITIC) y el Centro de Informática (CI) de la Universidad de Costa Rica han trabajado fuertemente para poder hacer uso de la firma digital como parte del desarrollo de la institución, por ello se ha considerado ampliar el uso de firma digital no solamente en la gestión de documentos sino también en:

1. Establecer un reglamento y normativa para el uso de firma digital dentro de la institución.

2. Establecer una Autoridad Certificadora interna que permita proveer certificados internos para asegurar la comunicación de servidores en la red interna de la Universidad de Costa Rica.
3. Desarrollar un servicio de firma de documentos generados por los sistemas de información.
4. Autenticar por medio de firma digital para los sistemas de información e integrarlo a un servicio Single Sign On (SSO).
5. Adquirir un “Hardware Security Modules (HSMs)”, el cual es un equipo criptográfico dedicado específicamente para la protección de la clave criptográfica. El HSM actúa como puntos de confianza que protegen la infraestructura criptográfica y permite administrar, procesar y almacenar de forma segura claves criptográficas de la organización[31]
6. Establecer el proyecto “Desarrollo de esquemas para certificar autoridades certificadoras y aplicaciones de software en el Sistema Nacional de Certificación Digital”. Este tiene como objetivo en identificar buenas prácticas para certificar autoridades certificadoras (CA) y desarrollo de aplicaciones con firma digital dentro del Sistema Nacional de Certificación Digital, para garantizar y dar fe que el desarrollo de las aplicaciones y el diseño de infraestructura de una CA cumplen con las necesidades mínimas necesarias para el uso de firma digital legalmente reconocidas en el país.

Un elemento importante que no podemos dejar de lado es el establecimiento de una estrategia para que el usuario final pueda adoptar el uso de la firma digital dentro de los procesos.

### 3.2 Retos

Si bien hemos comentado como técnicamente la firma digital en la Universidad de Costa Rica ha trabajado, sus logros alcanzados y hacia donde se ha orientado, para contar con una herramienta que permita incorporar esta tecnología dentro del quehacer organizacional; también se ha identificado elementos que no debemos dejar de lado, para una buena adopción de la tecnología y que no son del ámbito técnico. A continuación hacemos mención de estos puntos:

1. Cultura organizacional: la Universidad de Costa Rica al contar una estructura organizacional compleja (gran variedad de oficinas administrativas, académicas y de investigación), cuenta con procesos administrativos también complejos, los cuales dificultan de una manera eficiente la adopción de un nuevo paradigma en el manejo documental. La coordinación entre departamentos dificulta en gran medida tener un avance en la incorporación de esta nueva herramienta dentro de la institución.  
Por lo anterior, es necesario mantener la comunicación entre las jefaturas de involucradas y las altas jerarquías para lograr que la incorporación del proyecto pueda adoptarse dentro de la organización de la mejor manera.
2. Educación TIC: la capacidad del personal de la organización en adoptar una nueva herramienta tecnológica es importante, pues la tecnología depende de las personas para que estas la utilicen. Es por ello que las empresas de hoy en día, deben considerar que su personal pueda tener el conocimiento para asimilar el uso de nuevas herramientas tecnológicas. Un elemento importante

para lograr esto es la constante capacitación del personal en el uso de herramientas en TICs.

Para el caso de la Universidad de Costa Rica y la firma digital, se cuenta con el proyecto de migración de software libre el cual es una base que permitirá la adopción de la firma digital en una herramienta ofimática, donde es necesario que este proyecto tenga mas apoyo de la administración para el uso de esta herramienta dentro de la institución.

3. Divulgación, promoción: el desarrollo de soluciones tecnológicas de acuerdo a las necesidades del usuario, son funcionales siempre y cuando puedan tener una aceptación por parte del personal de la organización, para ello se requiere contar con un adecuado proceso de divulgación y de promoción a lo interno de la empresa, donde permita al personal tener conocimiento de las mejoras que la empresa esta realizando en beneficio del personal y de la organización misma.
4. Procesos de incorporación en el día a día: la planificación de cómo se suministrará la nueva tecnología en la institución es importante, esto para establecer la mejor forma de incorporar la nueva tecnología con el menor costo. Para la Universidad de Costa Rica, se ha incorporado dentro de los estándares de adquisición de equipo nuevo la incorporación del dispositivo lector de tarjetas. Sin embargo, no se ha analizado la forma de facilitar las tarjetas al personal de la universidad elemento importante que se debe de considerar.
5. Adaptación de las plataformas actuales e incorporación en el desarrollo de sistemas nuevos: un proceso de gran impacto dentro de las organizaciones a nivel de TICs, son los ajustes que se deben de estar realizando los sistemas informáticos que tienen en producción para adaptar nuevas tecnologías. Para el caso de firma digital no es la excepción, es necesario que el personal de mantenimiento de los sistemas actuales deban comprender y capacitarse en el uso de la firma digital, al igual en planificar el proceso de adopción en los sistemas actuales.

Por otro lado, los sistema nuevos a desarrollar por parte de la institución, es necesario que consideren desde la etapa de levantamiento de requerimientos del sistema el uso de la firma digital para analizar esta tecnología con el sistema a desarrollar y valorar que beneficios podrá tener el sistema con la incorporación de esta herramienta.

## 4 Conclusiones

El documento es un término que si bien no se definió desde cuando el hombre evolucionó con la escritura, asocia cualquier herramienta que permite mantener y recordar la información hasta la actualidad en la era tecnológica estableciendo el concepto de “documento electrónico”, ampliando sus propiedades iniciales de estructura, contenido y contexto, pudiendo así poder almacenar información adicional relacionada al documento.

Por otro lado, la firma también históricamente es un mecanismo para garantizar la autoría de un documento a lo largo del tiempo y con el desarrollo tecnológico el concepto de “firma digital” permite ampliar su funcionalidad para nuevas actividades, sin perder su fin inicial.

Ambos conceptos “documento” y “firma” no se perderán en el tiempo, mas bien, permitirán actualmente y en el futuro ofrecer una relación de como organizar la información y como mantener la integridad y autoría de la misma.

El desarrollo de un componente de firma digital para documentos ODF, permite a la sociedad contar con una herramienta libre para ser utilizada en la firma de documentos electrónicos, estableciéndole una validez y un respaldo legal, para que sea utilizado en una gran variedad de actividades cotidianas que el ser humano realiza, simplificando de esta manera procesos administrativos (en caso de organizaciones) o gestiones personales para el interés individual de la persona.

El componente como tal es un inicio de un desarrollo de nuevas herramientas que la Universidad de Costa Rica ha identificado para simplificar el trabajo dentro de su la organización, sin embargo tiene claro que esta herramienta no solamente es funcional para la Institución sino que también es funcional para la sociedad costarricense y por ello se ha enfocado en facilitar este instrumento para que sea de uso público, para que así pueda ser utilizado a nivel nacional e internacional para que otras organizaciones puedan tener un punto de referencia para el desarrollo de la firma digital en sus países.

## Bibliografía

- 1 Guzman Leonardo, «Documento Electrónico». [En línea]. Disponible en: <http://www.archivonacional.go.cr/memorias/1999/05.pdf>. [Accedido: 29-mar-2017].
- 2 Asociación Saavedra Fajardo, «Historia del Documento». [En línea]. Disponible en: [http://www.um.es/aulasenor/saavedrafajardo/apuntes/doc/historia\\_documento.pdf](http://www.um.es/aulasenor/saavedrafajardo/apuntes/doc/historia_documento.pdf). [Accedido: 10-mar-2017].
- 3 Monje Arenas Luis, «Historia de la fotografía», 2008. [En línea]. Disponible en: [http://foto.difo.uah.es/curso/historia\\_de\\_la\\_fotografia.html](http://foto.difo.uah.es/curso/historia_de_la_fotografia.html). [Accedido: 10-dic-2014].
- 4 Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), «Nacimiento del Cine», 2010. [En línea]. Disponible en: <http://recursos.cnice.mec.es/media/cine/bloque1/pag2.html>. [Accedido: 03-abr-2017].
- 5 Centro educativo IES Ilíberis de Atarfe, «Evolución de las técnicas de grabación y reproducción del Sonido», 2010. [En línea]. Disponible en: <http://iesiliberis.com/ies/es/>. [Accedido: 03-abr-2017].
- 6 Fuster Ruiz Francisco, «Archivística, Archivo, Documento de Archivo ... Necesidad de Clarificar los Conceptos», 1999. [En línea]. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/11939/1/AD07-1999.PDF>. [Accedido: 23-mar-2017].
- 7 F. C. M. Chavarría Alvarado Daniel B. E. A. Aguilar Mata Carlos y Solano Solano Karolina, «Propuesta para estandarizar el formato de los documentos electrónicos firmados digitalmente en Costa Rica», 2011. [En línea]. Disponible en: [http://cgrw01.cgr.go.cr/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL\\_FUNCIONARIOS\\_2008/SE](http://cgrw01.cgr.go.cr/pls/portal/docs/PAGE/PORTAL_FUNCIONARIOS_2008/SE)

- CCIONES%20FUNCIONARIOS/SERVICIOS/CLUB%20DE%20TECNOLOG%CD  
A%20-%20CGR/TESIS-FORMATO-OFICIAL.PDF. [Accedido: 20-mar-2017].
- 8 Archivo Nacional de Costa Rica, «Aplicación de la Norma Internacional de Descripción Archivística ISAD-G en el Archivo Nacional de Costa Rica». [En línea]. Disponible en: [http://www.archivonacional.go.cr/pdf/aplicacion\\_norma\\_isadg\\_02\\_05\\_2011.pdf](http://www.archivonacional.go.cr/pdf/aplicacion_norma_isadg_02_05_2011.pdf). [Accedido: 22-mar-2017].
- 9 Asamblea Legislativa Costa Rica, «CODIGO PROCESAL CIVIL». [En línea]. Disponible en: <https://www.csv.go.cr/documents/10179/19830/C%C3%B3digo+Procesal+Civil.pdf/971eef45-d6ef-4064-90f4-013caee1e703>. [Accedido: 21-mar-2017].
- 10 MICITT, «Reglamento a la ley de certificados, firmas digitales y documentos electrónicos». [En línea]. Disponible en: [http://www.firma-digital.cr/reglamento\\_a\\_ley\\_de\\_certificados\\_firmas\\_digitales\\_y\\_documentos\\_electronicos\\_ver2.pdf](http://www.firma-digital.cr/reglamento_a_ley_de_certificados_firmas_digitales_y_documentos_electronicos_ver2.pdf). [Accedido: 22-mar-2017].
- 11 Gobierno de España, «DOCUMENTO ELECTRÓNICO», 2016. [En línea]. Disponible en: [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/dms/pae\\_Home/documentos/Estrategias/pae\\_Interoperabilidad\\_Inicio/Normas\\_tecnicas/Guia\\_NTI\\_documento\\_electronico\\_PDF\\_2ed\\_2016.pdf](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dms/pae_Home/documentos/Estrategias/pae_Interoperabilidad_Inicio/Normas_tecnicas/Guia_NTI_documento_electronico_PDF_2ed_2016.pdf). [Accedido: 25-mar-2017].
- 12 Baltorra Guerrero Alfredo, «LA FIRMA AUTOGRAFA EN EL DERECHO BANCARIO», 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/facdermx/cont/121/pr/pr3.pdf>. [Accedido: 19-mar-2017].
- 13 Centro de Informática UCR, «Firma digital | Centro de Informática - UCR». [En línea]. Disponible en: <https://ci.ucr.ac.cr/firmadigital>. [Accedido: 23-mar-2017].
- 14 Gobierno Costa Rica, «Firma Digital CR». [En línea]. Disponible en: <http://www.firma-digital.cr/>. [Accedido: 23-mar-2017].
- 15 Universidad Politécnica de Valencia, «¿Qué es una Firma Electrónica?: Certificados Digitales: UPV», 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.upv.es/contenidos/CD/info/711250normalc.html>. [Accedido: 23-mar-2017].
- 16 Banco Central del Ecuador, «Preguntas Frecuentes - Entidad de Certificación BCE». [En línea]. Disponible en: <https://www.eci.bce.ec/preguntas-frecuentes>. [Accedido: 23-mar-2017].
- 17 Universidad de Málaga, «Criptografía, Certificado digital y firma digital». [En línea]. Disponible en: [http://portalae.sci.uma.es:8080/export/sites/default/uma/documentos/criptografia\\_certificado\\_digital\\_firma\\_digital.pdf](http://portalae.sci.uma.es:8080/export/sites/default/uma/documentos/criptografia_certificado_digital_firma_digital.pdf). [Accedido: 23-mar-2017].
- 18 Gobierno de España, «Ley 59/2003, de 19 de Diciembre». [En línea]. Disponible en: [https://www.dnielectronico.es/PortalDNIe/PRF1\\_Cons02.action?pag=REF\\_620&id\\_menu=\[43\]](https://www.dnielectronico.es/PortalDNIe/PRF1_Cons02.action?pag=REF_620&id_menu=[43]). [Accedido: 24-mar-2017].
- 19 Camara de Madrid, «Usos Avanzados de la Firma Electrónica». [En línea]. Disponible en: [http://www.camaramadrid.es/asp/pub/docs/usos\\_avanzados\\_de\\_la\\_firma\\_electronica.pdf](http://www.camaramadrid.es/asp/pub/docs/usos_avanzados_de_la_firma_electronica.pdf). [Accedido: 24-mar-2017].

- 20 Belgium Federal ICT Department, «Google Code Archive - Long-term storage for Google Code Project Hosting.» [En línea]. Disponible en: <https://code.google.com/archive/p/eid-dss/>. [Accedido: 24-mar-2017].
- 21 Leandro Varela Matías, «Conceptos fundamentales de un Middleware y razones de su importancia en el mundo de hoy - PDF», 2007. [En línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/2787001-Conceptos-fundamentales-de-un-middleware-y-razones-de-su-importancia-en-el-mundo-de-hoy.html>. [Accedido: 24-mar-2017].
- 22 Document Foundation Bugzilla, «101956 – FILEOPEN: No JRE or JDK found in OSX 10.9 and lower, 10.10 and up need full JDK». [En línea]. Disponible en: [https://bugs.documentfoundation.org/show\\_bug.cgi?id=101956](https://bugs.documentfoundation.org/show_bug.cgi?id=101956). [Accedido: 25-mar-2017].
- 23 Document Foundation Bugzilla, «103259 – Change java error message on Mac». [En línea]. Disponible en: [https://bugs.documentfoundation.org/show\\_bug.cgi?id=103259](https://bugs.documentfoundation.org/show_bug.cgi?id=103259). [Accedido: 25-mar-2017].
- 24 Forum Zotero, «OSX: LibreOffice 5.1 freeze with Zotero plugin + Java 1.8 - Zotero Forums». [En línea]. Disponible en: <https://forums.zotero.org/discussion/57227/osx-libreoffice-5-1-freeze-with-zotero-plugin-java-1-8>. [Accedido: 04-abr-2017].
- 25 LanguageTool, «LanguageTool Common Problems». [En línea]. Disponible en: <https://languagetool.org/issues/>. [Accedido: 25-mar-2017].
- 26 Apache OpenOffice, «OpenOffice.org BASIC Programming Guide - Apache OpenOffice Wiki». [En línea]. Disponible en: [https://wiki.openoffice.org/wiki/Documentation/BASIC\\_Guide](https://wiki.openoffice.org/wiki/Documentation/BASIC_Guide). [Accedido: 25-mar-2017].
- 27 Apache OpenOffice, «A Brief History Of OpenOffice.org - Apache OpenOffice Wiki». [En línea]. Disponible en: [https://wiki.openoffice.org/wiki/A\\_Brief\\_History\\_Of\\_OpenOffice.org](https://wiki.openoffice.org/wiki/A_Brief_History_Of_OpenOffice.org). [Accedido: 26-mar-2017].
- 28 Gobierno Costa Rica, «Política de Formatos Oficiales de los Documentos Electrónicos Firmados Digitalmente». [En línea]. Disponible en: <http://www.archivonacional.go.cr/>. [Accedido: 01-abr-2017].
- 29 Universidad Católica Sedes Sapientiae, «Archivística y Gestión Documental». [En línea]. Disponible en: <http://www.ucss.edu.pe/carreras-profesionales/archivistica-y-gestion-documental.html>. [Accedido: 04-abr-2017].
- 30 UCR, «Ingeniería Industrial». [En línea]. Disponible en: <http://www.eii.ucr.ac.cr/carrera/ingindustriales.html>. [Accedido: 04-abr-2017].
- 31 SafeNet, «Hardware Security Modules (HSMs)». [En línea]. Disponible en: <https://safenet.gemalto.com/data-encryption/hardware-security-modules-hsms/>. [Accedido: 01-abr-2017].

## **Estabelecimento de CSIRTs e Processo de Tratamento de Incidentes de Segurança em Instituições Acadêmicas Brasileiras: estudo de caso da parceria CAIS/RNP e UFBA**

Italo Valcy S. Brito<sup>a</sup>, Yuri Alexandro<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal da Bahia, Superintendência de TI  
Avenida Adhemar de Barros, s/n, 40170-110, Ondina, Salvador-BA, Brasil  
italovalcy@ufba.br

<sup>b</sup> Centro de Atendimento a Incidentes de Segurança, Rede Nacional de Ensino e Pesquisa  
Av. Dr. André Tosello 209, 13083-886, Cidade Universitária, Campinas-SP, Brasil  
yuri.ferreira@rnp.br

**Resumo** A rápida expansão da Internet em serviços oferecidos e dispositivos conectados traz consigo o aumento do número de incidentes de segurança da informação, tanto relacionados a pessoas individualmente, quanto a organizações. Em se tratando de instituições acadêmicas, onde o ambiente é naturalmente heterogêneo, considerando os diferentes perfis de acesso dos diferentes tipos de usuários, esse desafio se torna ainda maior. Aliado a isso, no Brasil existe a necessidade dessas instituições se adequarem a uma série de disposições normativas do Governo Federal, dentre elas a exigência de se ter um processo de tratamento de incidentes de segurança. Frente a isso, a RNP estruturou um projeto para apoiar o estabelecimento de CSIRTs nas organizações usuárias da rede brasileira de ensino e pesquisa, tendo a UFBA como uma das parceiras na sua aplicação. Este artigo apresenta as bases do projeto desenvolvido pela RNP, fundamentado em normas internacionais e nas melhores práticas de equipes ao redor do mundo, acerca da concepção de um CSIRT, as fases do processo de tratamento de incidentes, a metodologia de execução do projeto e os resultados obtidos pela UFBA na criação e operação do seu time de resposta a incidentes de segurança e no desenvolvimento do seu processo de tratamento de incidentes.

**Palavras Chave:** segurança da informação, incidentes, CSIRT, processo, tratamento de incidentes.

**Eixo temático:** Segurança da Informação.

### **1 Introdução**

À medida que cada vez mais pessoas e dispositivos se conectam a Internet das mais diferentes formas, as ameaças à segurança dos dados de usuários e organizações aumentam, e lidar com os incidentes que comprometem as informações é uma tarefa ampla e complexa. Essa complexidade se torna ainda maior em uma rede heterogênea como a de ensino e pesquisa brasileira, onde, ao mesmo tempo, existem ambientes que necessitam de muita proteção – tais como informações pessoais de usuários, dados de pesquisas acadêmicas e industriais, direitos autorais e propriedade intelectual [1] – com ambientes que necessitam de acesso mais permissivo – como projetos de inclusão digital e redes sem fio de livre acesso [2]. Tudo isso aliado a diferentes tipos de usuários – como funcionários, estudantes, professores, visitantes, pesquisadores, entre outros, cada um com suas necessidades peculiares – e uma gama de ameaças que surgem tanto interna, quanto externamente às organizações. A

implantação de um processo de resposta a incidentes de segurança neste cenário não é algo simples e mostra-se como um grande desafio às instituições acadêmicas.

O trabalho dos CSIRTs, equipes responsáveis por atuar diretamente na detecção, mitigação e solução de incidentes de segurança da informação, é de fundamental importância para evitar e minimizar o impacto das ações maliciosas. Um CSIRT realiza o tratamento do incidente de segurança de maneira mais especializada, utilizando um conjunto de ferramentas de apoio, seguindo um processo e fluxos definidos, executando procedimentos específicos desde a ocorrência do incidente até após a sua resolução e fechamento [3]. Todas estas definições devem estar documentadas em um plano de gestão de incidentes, o qual guiará todas as atividades operacionais do tratamento do incidente.

Diante disto, este artigo tem por objetivo apresentar o processo de tratamento de incidentes realizado pelo ETIR UFBA, o CSIRT da Universidade Federal da Bahia, o qual foi desenvolvido com apoio do Centro de Atendimento a Resposta a Incidentes de Segurança (CAIS) da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), como resultado de um projeto voltado para as organizações usuárias da rede de ensino e pesquisa brasileira desenvolverem suas equipes de resposta a incidentes de segurança.

Este artigo está estruturado da seguinte maneira. Na Seção 2, é apresentado um embasamento teórico sobre o que é um CSIRT, seu objetivo e definições básicas, bem como uma fundamentação sobre o processo de gestão e tratamento de incidentes de segurança da informação. Na Seção 3, descreve-se o projeto do CAIS para apoio ao desenvolvimento de CSIRTs na rede de ensino e pesquisa brasileira. Já a Seção 4 aborda a estruturação do ETIR-UFBA e seu processo de gestão de incidentes. Por fim, a Seção 5 aponta as conclusões e trabalhos futuros.

## 2 Fundamentação e trabalhos relacionados

Um CSIRT (*Computer Security Information Response Team*) é uma equipe dedicada dentro de uma organização que tem por objetivo receber, analisar, resolver e responder incidentes de segurança da informação, além de desenvolver ações de prevenção e ser o ponto focal de contato sobre incidentes para toda a organização. O CSIRT deve atender a um escopo ou público específico, oferecendo um conjunto de serviços destinados a aumentar a capacidade da segurança da informação da organização [4].

Para entender de forma mais clara o objetivo esperado de um CSIRT, é necessário que a organização defina o entendimento do que é um incidente de segurança. Tomando como base a definição do CERT/CC, um incidente de segurança é qualquer evento adverso, confirmado ou sobre suspeita, que possa comprometer as operações de sistemas de informação ou redes de computadores. Pode ser definido também como a violação, implícita ou explícita, de uma política de segurança da informação [5]. Exemplos de incidentes de segurança da informação são: tentativa, mal ou bem-sucedida, de ganhar acesso não autorizado a sistemas ou dados; interrupção não planejada de serviços, alterações no funcionamento de um ativo, software ou serviço por terceiros sem autorização; propagação de códigos maliciosos por meio digital; divulgação de informações confidenciais, entre outros. Cada organização terá que

definir o que deve ser considerado um incidente para a sua realidade, podendo ter abrangências e especificidades maiores ou menores.

Existem vários tipos de CSIRT, dentre os quais destacam-se para este artigo: i) os de coordenação – cujo objetivo é coordenar a ocorrência e a resposta a incidentes em um nível mais abrangente, enviando aos administradores de TIC as notificações de vulnerabilidade, atividades maliciosas e incidentes de segurança da informação relativas às suas redes e serviços, acompanhando o seu tratamento, enviando recomendações e conscientizando as organizações a ele ligadas, e ii) os internos ou corporativos – cuja função é atender direta e exclusivamente a organização que o mantém, atendendo aos seus usuários e ambiente de TIC, sendo o ponto focal de notificação e atendimento a incidentes de segurança da informação [6]. Entender o tipo de CSIRT é importante para definir corretamente as suas especificações básicas e a forma como a equipe tratará os incidentes de segurança.

## 2.1 Definições básicas de um CSIRT

O primeiro passo para o estabelecimento de um CSIRT é definir como ele será e como irá operar. Dentre elementos básicos que devem ser definidos para estabelecer uma equipe, estão:

**Missão.** Deve indicar claramente o objetivo do CSIRT, de forma breve, direta e inequívoca. Essa definição irá servir de base para todas as outras e como referência para os usuários dos serviços da equipe e outros parceiros. Geralmente são utilizados verbos de ação, representando o que a equipe deve fazer e cumprir.

**Visão.** Define o caminho que o CSIRT irá tomar ao longo de um período e como ele espera ser reconhecido pela organização. Ela orientará decisões estratégicas, o estabelecimento de metas a curto e médio prazo e a forma como a equipe pode contribuir à comunidade acadêmica. A visão é fortemente baseada nos valores organizacionais e na cultura de cada região, devendo se ter um entendimento claro das expectativas da organização para com a equipe.

**Constituency.** Determina o escopo da atuação do CSIRT, seja usuários, serviços, ou blocos de rede que a equipe irá atender. Deve ser definido, inclusive, se os diferentes tipos de serviço ou usuários irão receber diferentes níveis de atendimento. Por exemplo, um CSIRT pode atender todo o domínio administrativo da organização, ou somente uma parte da infraestrutura de serviços, dependerá da missão definida anteriormente. A correta identificação da *constituency* permite mapear as necessidades existentes, sendo, por isso, importante especificar exatamente a quem se destinarão os serviços executados pela equipe.

**Serviços.** Definem qual o conjunto de atividades que serão providos pelo CSIRT. Para cada serviço, é necessário criar os respectivos processos e procedimentos, determinar quando e por quem poderá ser requisitado e o SLA de atendimento. Geralmente, os serviços prestados por um CSIRT são divididos em três grupos principais: reativos, proativos e de qualidade.

- Serviços reativos são aqueles instanciados após a ocorrência de um incidente de segurança da informação. Visam solucionar o incidente em questão e investigar a sua causa. Dentre alguns serviços reativos, destacam-se:

tratamento de incidentes (sendo este o principal e mandatário para todos os CSIRTs), análise forense, análise de artefatos, entre outros.

- Serviços proativos têm por objetivo prevenir a ocorrência de incidentes de segurança, desenvolvendo ações de proteção dos sistemas de modo a diminuir a probabilidade de efetivação de ataques ou de reduzir os impactos quando estes ocorrem. Exemplos de serviços proativos são: gerenciamento de vulnerabilidades, monitoramento de segurança da rede, entre outros.
- Serviços de qualidade têm por objetivo identificar limitações e implantar melhorias de ordem técnica e organizacional, acrescentando valor às iniciativas de segurança da informação. Exemplos: gestão de riscos de segurança da informação, gestão de conformidade, conscientização e disseminação da cultura em segurança da informação, entre outros.

**Modelo Organizacional.** Define a formatação da equipe e dedicação dos seus membros. Basicamente, existem quatro tipos principais:

- Equipe local, onde os membros são formados pela equipe de TIC existente da organização – podendo ou não ter especialistas em segurança da informação – cuja dedicação não é exclusiva, ou seja, os membros dividirão suas atividades cotidianas de TIC com a resolução de incidentes de segurança quando estes ocorrerem;
- Modelo centralizado, onde os membros fazem parte de uma equipe única, especializada, total e exclusivamente dedicada às atividades do CSIRT, realizando todo o trabalho de resposta a incidente e outros serviços oferecidos. Toda a equipe localiza-se em um mesmo local físico.
- Modelo distribuído, onde os membros também têm dedicação exclusiva às atividades do CSIRT e expertise em segurança da informação, atendem a todos os serviços, porém localizam-se de forma distribuída por diversos locais da organização, região ou país. As equipes remotas devem estar alinhadas a uma coordenação central, responsável por gerenciar as atividades, diretrizes e prioridades de ação.
- Modelo misto, que é uma combinação entre o modelo centralizado e o distribuído. Este modelo permite as equipes distribuídas tenham autonomia para gerenciar as suas atividades, cabendo a uma coordenação central a definição de tarefas no plano estratégico.

Existem aspectos impulsionadores ou dificultadores em todos os modelos, cabendo à organização definir aquele que mais se adequa às suas necessidades, de acordo com a missão definida e serviços oferecidos.

**Estrutura Organizacional.** Define o perfil e as respectivas atribuições das pessoas que farão parte da equipe, o organograma interno e a posição que o CSIRT terá dentro da estrutura da organização. O organograma interno permite um melhor desenho das áreas entre os serviços e uma melhor gestão das atividades de cada membro. O organograma externo, por sua vez, permite definir o nível hierárquico da equipe dentro da organização, a qual departamento interno ela estará vinculada e a quem ela deverá se reportar. Por exemplo, quanto mais alto for o nível da equipe na hierarquia da organização, mais influência e autoridade ela terá para sugerir ou determinar ações de mitigação e combate a incidentes de segurança.

**Autonomia.** Define o nível de atuação, competências e obrigações da equipe perante a sua *constituency*. Isso envolve processos de decisão e ações de tratamento e recuperação de incidentes e eventos de segurança da informação, tanto de natureza reativa quanto preventiva. Basicamente existem três tipos de autonomia:

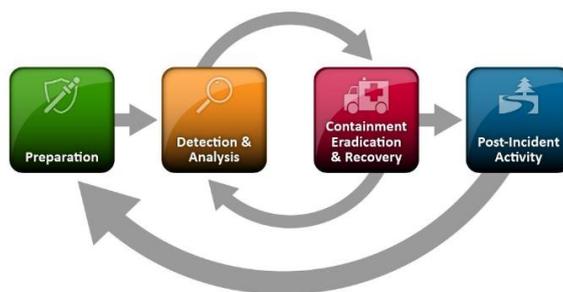
- Completa, onde as ações do CSIRT não necessitam de aprovação prévia de níveis hierárquicos superiores, devendo, entretanto, estar alinhada a diretrizes pré-estabelecidas e aprovadas pela organização;
- Compartilhada, onde o CSIRT é membro de um colegiado responsável pela tomada de decisões de ações a serem realizadas.
- Sem autonomia, onde um CSIRT não tem nenhuma autoridade sobre a infraestrutura da organização, cabendo a esta fornecer orientação, expertise e informações.

É importante que, independente da autonomia definida, o CSIRT faça parte do processo de tomadas de decisão acerca das ações de tratamento de incidentes na organização. Autonomia compartilhada permite múltiplas visões acerca do impacto do incidente. Por outro lado, autonomia completa permite maior rapidez e dinamicidade nas ações. CSIRTs de coordenação geralmente operam sem autonomia.

## 2.2 Processo de tratamento de incidentes

Como supracitado, o serviço de tratamento de incidentes é mandatório a todo CSIRT. Para executá-lo de forma adequada, a equipe deve ter documentado todo o processo fim-a-fim deste serviço, incluindo fluxo de ações e procedimentos necessários.

O tratamento de incidentes de segurança tem o objetivo de minimizar os impactos da ocorrência de um incidente e permitir o restabelecimento do ambiente afetado com rapidez [7]. Vários autores abordam as etapas de um processo de tratamento de incidentes. Por exemplo, Scarfone et al. [7] destaca quatro fases principais:



**Fig. 1.** Ciclo de vida do tratamento de incidentes de segurança proposto pelo NIST [7].

Esse fluxo pode se desdobrar em outras etapas mais específicas. Por exemplo, a ENISA [8] sugere um fluxo mais detalhado, conforme visto na Figura 2.

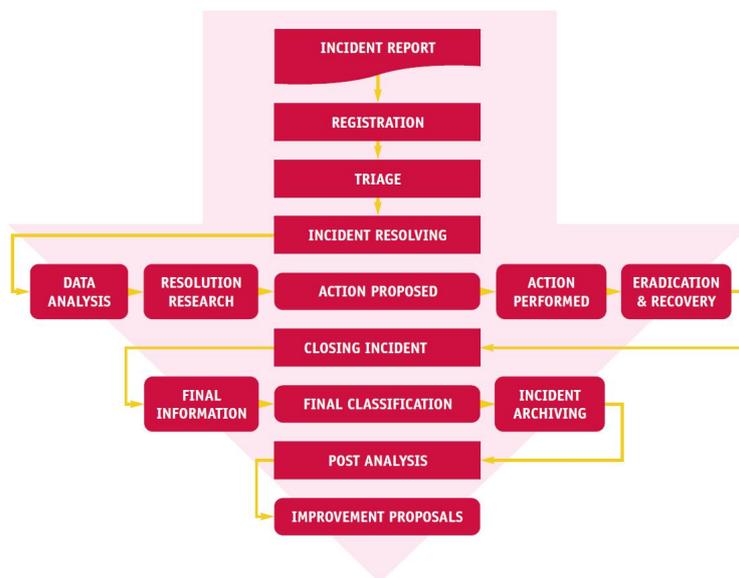


Fig. 2. Workflow de tratamento de incidentes proposto pela ENISA [8].

Para este trabalho, foi desenvolvido um modelo composto por um fluxo de oito fases principais, baseado nos dois modelos citados acima.

**Preparação.** Na preparação, são realizadas medidas que preparam a organização tanto para responder os incidentes, quanto para evitar novas ocorrências destes, garantindo que a infraestrutura de redes e sistemas estejam suficientemente seguros. Essas ações podem ser relativas a garantir mais segurança à infraestrutura, relativas a ter recursos necessários para realizar o tratamento de incidentes (tanto de hardware, quanto de softwares e sistemas), comunicações seguras, como também relativas à conscientização dos usuários para o uso seguro dos recursos computacionais.

**Notificação e detecção.** Nesta fase, o CSIRT deverá identificar a ocorrência de incidentes de segurança em seu ambiente, como origem ou destino, seja por meio de sistemas que permitam a identificação de atividades maliciosas (e.g. IDS, antivírus, SIEM, análise de logs de aplicações, etc.) ou também por notificações da *constituency*, de parceiros ou de outros CSIRTs. Algumas informações essenciais devem estar contidas na notificação, como origem e destino do incidente, sistemas e serviços afetados e informações de data e horário, com o *timezone*. Esses elementos são importantes para as fases posteriores do ciclo de tratamento do incidente.

**Registro.** Nesta fase, o incidente deve ser catalogado de modo a permitir sua identificação unívoca e a rastreabilidade durante o seu ciclo de vida, com o registro de todas as ações realizadas. Esta ação geralmente é executada com o auxílio de um sistema de gestão de incidentes (controle de tíquetes).

**Triagem e análise.** A triagem determina, dentre outras coisas, a validade do incidente de segurança notificado, ou seja, se faz parte da *constituency* atendida pelo CSIRT, se o conteúdo de fato se refere a um incidente de segurança e se as informações mínimas necessárias para a análise estão contidas. Caso a notificação não se configure um incidente ou não tenha relação com a *constituency*, ela pode ser

devolvida, reencaminhada ao respectivo responsável ou até mesmo descartada. Caso seja válida, a equipe deve identificar as características do incidente, os vetores de ataque utilizados e o quanto a estrutura de negócios da organização foi afetada. É uma boa prática criar uma base de dados com o histórico de incidentes anteriores, de modo a comparar informações, identificar semelhanças e assim realizar uma análise mais eficiente, sistemática e menos propensa a erros.

**Classificação.** A classificação é feita baseada nas informações oriundas da triagem e análise, determinando em qual taxonomia (grupos pré-definidos de tipos de incidentes) o incidente se encaixa. Alguns CSIRTs desenvolvem seus próprios critérios para definir a taxonomia, porém existem algumas recomendações bastante úteis e de fácil aplicação, como a tabela feita pela ENISA [8]. Outra classificação necessária é sobre a criticidade do incidente, que é usada na priorização do atendimento. Pode-se medir a criticidade através da análise dos impactos técnicos e organizacionais causados pelo ataque. Quanto mais crítico, mais rápido o incidente deve ser atendido, passando a ter mais prioridade frente aos demais.

**Resolução.** Nesta fase são realizadas as ações para contenção, mitigação e solução do incidente, bem como de recuperação do ambiente e retorno à normalidade. A contenção visa evitar que o incidente se propague e afete outros recursos da infraestrutura da organização. A mitigação deve envolver ações que eliminem a ocorrência do incidente em questão, identificando e eliminando as vulnerabilidades que foram exploradas. Na recuperação, a equipe deve restaurar o ambiente para o funcionamento normal e confirmar a sua correta operação, identificando e, quando necessário, corrigindo outras vulnerabilidades que possam levar a incidentes semelhantes.

**Fechamento.** Nesta fase é feito o encerramento do incidente, onde o notificante recebe da equipe uma resposta das ações realizadas durante o tratamento do incidente, e a confirmação de que o mesmo foi tratado. Essa resposta é importante, pois geram estatísticas sobre os incidentes para outras equipes ou CSIRTs de coordenação, que podem direcionar apoio quando necessário.

**Pós-incidente.** Esta etapa consiste em avaliar a execução do fluxo do processo de tratamento do incidente e verificar a eficácia das soluções adotadas. O resultado dessa etapa deve retroalimentar as ações da fase de preparação. As lições aprendidas devem levar a equipe a relacionar possíveis falhas ou insuficiência de recursos, implantar melhorias nas medidas de segurança e no próprio processo de tratamento de incidentes. As lições aprendidas também devem ser divulgadas a toda a equipe e, se preciso, feitas recomendações aos usuários ou usadas para promover ações de conscientização em segurança da informação na organização.

### 3 Projeto CSIRTs nas Organizações Usuárias da RNP

A RNP é uma organização que provê conectividade à Internet e serviços avançados de tecnologia da informação e comunicações a instituições de ensino e pesquisa no Brasil. Nesse contexto, o CAIS é departamento da RNP que zela pela segurança da rede acadêmica, tendo por missão atuar na detecção, resolução e prevenção de incidentes de segurança na rede acadêmica brasileira, além de elaborar, promover e

disseminar práticas de segurança em redes. Operando desde 1997 como o CSIRT de coordenação da rede acadêmica, vem ao longo dos anos desenvolvendo projetos e ações que visam aumentar a capacidade de segurança da informação nas organizações usuárias do backbone.

Em recentes pesquisas realizadas junto a estas organizações [9], o CAIS identificou que a grande maioria não tinha métodos, procedimentos ou equipes dedicadas ao processo de tratamento e resposta aos incidentes, mesmo aquelas que possuem uma área de segurança corporativa estruturada ou analistas de segurança da informação em suas equipes de TIC. Em contrapartida, foi possível identificar que as poucas organizações que tem CSIRT possuíam melhores índices de combate à atividade maliciosa e de resposta às notificações de incidentes a elas enviadas.

De forma complementar, o Governo Federal Brasileiro possui uma instrução normativa que disciplina a gestão da segurança da informação e comunicações nas instituições da administração pública federal brasileira [10], incluindo diversas normas complementares. Uma destas normas determina a criação de equipes de tratamento de incidentes de segurança [11], com aplicação obrigatória a todos os órgãos vinculados ao governo, incluindo universidades, institutos de pesquisa, hospitais universitários e outros conjuntos de instituições vinculadas à RNP e usuárias da rede de ensino e pesquisa.

Neste sentido, o CAIS desenvolveu um projeto visando fomentar o estabelecimento de equipes de resposta a incidentes de segurança da informação, através da elaboração de um modelo de definição de equipe, processos e procedimentos, de forma a ajudar os clientes da RNP a criarem suas próprias equipes e assim aumentar a sua capacidade de resposta a incidentes de segurança da informação. Este projeto consistiu em definir um modelo básico e genérico de CSIRT, aplicável no contexto da rede de ensino e pesquisa brasileira, materializado em um guia. Esse modelo foi aplicado em fase piloto em quatro instituições: Instituto Federal Farroupilha, Universidade Federal do Amazonas, Universidade Federal da Bahia e Universidade de Campinas.

Em um trabalho colaborativo com essas instituições, foram produzidos e validados *templates* de documentações necessárias para a formalização do CSIRT dentro de uma organização, um *template* de política de gestão de incidentes de segurança, contendo todos as fases do ciclo do tratamento de incidentes de segurança da informação, um *template* de política de comunicação, e, por fim, um *check-list* para acompanhamento de todas as fases de implantação e operação da equipe.

O guia foi desenvolvido para servir de referência às instituições no processo de estabelecimento das suas equipes, abordando desde a sua concepção, implantação e operação. Seguindo as disposições obrigatórias estabelecidas pelos organismos normativos [12] e baseado nas melhores práticas de atuação de outros CSIRTs no Brasil e no mundo, o guia contém um passo-a-passo explicativo de todas as fases, sugestões e ferramentas necessárias. Foi também levada em consideração particularidades e especificidades de cada tipo de instituição e região do país, não sendo, portanto, um modelo fechado e definitivo, e sim abrangente o suficiente para que cada organização tenha autonomia em aplica-lo da melhor forma possível, de acordo com o contexto que ela se encontra.

A metodologia utilizada foi baseada no método PDCA [13], fundamentada em um ciclo de atividades planejadas e recorrentes, sendo elas: planejamento, desenvolvimento, implantação e operação.

**Planejamento.** Determinou as bases estratégicas para o estabelecimento do CSIRT, identificando os principais *stakeholders* e tendo o claro entendimento do cenário, particularidades e necessidades da organização. Nesta fase, foi realizada também uma análise SWOT [14], cujo objetivo era avaliar os pontos fortes e fracos no ambiente interno da organização, oportunidades e ameaças no ambiente externo. Os resultados obtidos ao final da análise da matriz no processo de criação da equipe trouxeram aspectos positivos aproveitados como impulsionadores, como, por exemplo, a ciência da importância do desenvolvimento da equipe por parte da alta direção de algumas organizações, o aproveitamento de uma infraestrutura interna robusta, entre outras. Assim como também foi possível superar aspectos negativos que se configuraram como limitantes, como, por exemplo, as diferenças de conhecimento técnico em segurança entre alguns membros da equipe de TIC puderam ser mapeadas e trabalhadas em treinamentos específicos.

**Desenvolvimento.** Nesta fase, foram determinados os elementos básicos da equipe: missão, visão, *constituency*, serviços, modelo, estrutura organizacional e autonomia. Todas estas definições levaram em consideração os cenários e necessidades internas das organizações, utilizando também os resultados trazidos na análise SWOT.

**Implantação.** Consistiu na preparação do CSIRT para seu funcionamento, em 4 eixos principais: infraestrutura, formação dos membros da equipe, financiamento e documentação de políticas e procedimentos.

Em relação à infraestrutura, foram definidos e implementados os recursos de hardware, rede de dados, softwares e sistemas necessários para a operação do CSIRT, como o servidores e desktops, e-mail institucional da equipe, portal web, sistema de gestão de incidentes, incluindo todas as configurações de segurança, como a separação lógica da rede e proteção das VLANs, uso de chaves PGP, uso de SSL nos sistemas de comunicação, entre outras. Nesta fase também foram estabelecidos os perfis profissionais dos membros da equipe e os critérios para contratação, planos de desenvolvimento profissional da equipe, bem como os procedimentos que devem ser realizados em função do desligamento de um membro. No aspecto de financiamento, foram definidas as fontes de recursos financeiros utilizadas na manutenção das atividades da equipe. Por fim, foram definidos e elaboradas as políticas, normas e procedimentos técnicos necessários para a operação do CSIRT, dentre eles o plano de gestão de incidentes e o plano de comunicação.

**Operação.** A primeira ação da fase de operação consistiu na formalização do CSIRT dentro da organização, através da publicação de uma portaria que estabeleceu a equipe como responsável pelo tratamento de incidentes e outros serviços de segurança. A partir daí, foram desenvolvidas ações de divulgação da equipe para a sua *constituency*, reforçando a imagem de ponto focal para contato em casos de ocorrência de incidentes de segurança da informação.

Outra fase importante da operação é a análise crítica dos resultados do trabalho da equipe, através da avaliação das estatísticas de incidentes e dos indicadores de desempenho. As estatísticas são relativas ao quantitativo dos incidentes, e revelam o cenário de segurança da informação da organização. A partir dele, pode-se detectar índices relevantes de um determinado tipo de incidente e possíveis tendências. Uma boa prática sugerida foi o desenvolvimento de relatórios periódicos com os números consolidados de incidentes, pois permite a realização de análises comparativas sobre os incidentes em períodos definidos, e assim investir em melhorias ou capacitação, se

necessário. Já os indicadores de desempenho são importantes para avaliar a eficácia e eficiência do processo de gestão de incidentes. Ajudam a definir onde deve haver melhorias e necessidades de mais investimentos.

Por fim, a análise dos indicadores ajuda no processo de avaliação da operação da equipe, podendo indicar melhorias que devem ser feitas a fim de corrigir problemas, aprimorar processos e potencializar ações. Os resultados obtidos com a análise crítica devem conduzir novamente à etapa de planejamento, onde pode estas melhorias podem ser mapeadas e desenvolvidas ao longo das fases seguintes, seguindo então um fluxo cíclico de implementação.

O CAIS acompanhou e apoiou as instituições nos seus processos de estabelecimento e melhoria das equipes. Um dos *cases* relevantes foi a reestruturação do CSIRT da Universidade Federal da Bahia, o ETIR-UFBA, uma das equipes nas quais foi desenvolvido o projeto piloto.

## 4 Estudo de caso na UFBA

A UFBA vem adotando, ao longo dos anos, um conjunto de medidas para construir e manter um Processo Organizacional de Segurança da Informação e Comunicações (SIC). Esse processo inclui, dentre outras dimensões, o estabelecimento de equipe com foco específico em SIC e a melhoria contínua no plano de gestão de incidentes de segurança. Nesse sentido, o arcabouço proposto pelo CAIS no projeto de CSIRTs nas organizações usuárias trouxe oportunidades de revisão e aperfeiçoamento no Processo Organizacional de SIC da UFBA. Nesta seção, serão apresentados dois dos principais resultados do trabalho realizado em parceria com o CAIS na UFBA. Em especial, a subseção 4.1 apresenta os elementos básicos do ETIR-UFBA, ao passo que a subseção 4.2 discorre sobre o plano de gestão de incidentes de segurança da UFBA.

### 4.1 Elementos básicos do CSIRT ETIR-UFBA

Em conformidade com as normas específicas do Governo Federal, bibliotecas internacionais de gestão de TI e com as boas práticas apresentadas pelo CAIS, a UFBA iniciou uma revisão dos elementos básicos da sua equipe de segurança. Estes elementos refletem o escopo, os objetivos estratégicos e a forma de trabalho, de maneira ampla, da equipe de segurança. A listagem abaixo aponta alguns dos elementos aperfeiçoados:

**Missão** - A ETIR/UFBA é a Equipe de Tratamento e Resposta a Incidentes em Redes Computacionais da UFBA, responsável pela prevenção, detecção e tratamento de incidentes de segurança, bem como pela criação e disseminação de práticas para uso seguro das Tecnologias de Informação e Comunicação.

**Visão** - Ser uma equipe de excelência que promove o fortalecimento da segurança da informação na UFBA, além de contribuir para construção de um ambiente cada vez mais confiável, disponível e íntegro na Universidade, sendo referência no contexto local, regional e nacional.

**Valores** - Ética; Privacidade dos usuários; Cooperação e Colaboração; Compromisso e Comprometimento; Inovação e Pioneirismo; Agilidade; Transparência; Respeito.

**Constituency** - O público alvo do ETIR/UFBA são todos os usuários dos serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação da UFBA, endereços IP e domínios da organização, e membros da comunidade acadêmica, tais como: servidores técnico-administrativo, docentes, pesquisadores, alunos, bolsistas, estagiários, prestadores de serviço e outras pessoas que mantiverem vínculo institucional com a Universidade.

**Serviços** – Os serviços do ETIR-UFBA são categorizados da seguinte maneira:

- **Reativos:** Tratamento de Incidentes de Segurança; Análise Forense; Envio de notificações de segurança; Ações corretivas e de mitigação.
- **Proativos:** Distribuição de Alertas, Recomendações e Estatísticas; Monitoramento e prevenção de atividade maliciosa; Gestão de Vulnerabilidades; Auditoria de Sistemas de Informação; Desenvolvimento de Ferramentas.
- **Qualidade:** Cooperação com outras equipes de segurança da informação; Gestão de riscos de segurança da informação; Disseminação da cultura de segurança da informação; Apoio na definição e escrita de normas e políticas de segurança da informação.

A revisão destes elementos permitiu um maior alinhamento entre a atuação da equipe de segurança e as metas de SIC da organização. Um dos elementos que reflete bem esse alinhamento após a revisão foi a missão da ETIR-UFBA, que originalmente em sua portaria de criação era dada pelo seguinte texto: “[...] terá a responsabilidade de receber, analisar e responder a notificações e atividades a incidentes de segurança em computadores”. Embora a definição anterior estivesse em acordo com as referências legais do CSIRT, a revisão da missão buscou incorporar princípios preventivos e proativos para o tratamento de incidentes. Assim, a equipe, mesmo quando atua de forma reativa a um incidente de segurança, busca identificar oportunidades de melhoria para evitar novas ocorrências daquele incidente ou aprimorar sua identificação e tratamento.

Outro item favorecido pela revisão foi a lista de serviços oferecidos pela ETIR-UFBA. Durante a execução do projeto junto ao CAIS, a equipe da ETIR-UFBA relacionou o conjunto de serviços com base no que já era executado, mas também com uma visão de futuro do que a alta gestão demandava para a organização e do que a equipe percebia como necessidades ou oportunidades. Dessa maneira, surgiram propostas de serviços de gestão de vulnerabilidades, auditoria de sistemas, gestão de riscos, disseminação da cultura, dentre outros. Apesar de alguns destes serviços ainda não estarem com o modelo de operação bem definido, eles já são listados no plano de ações da ETIR-UFBA, com atividades pontuais sendo executadas.

#### 4.2 Plano de Gestão de Incidentes de Segurança da UFBA

O plano de gestão de incidentes de segurança da informação visa garantir o tratamento e resposta eficazes aos eventos de segurança da informação que afetam os princípios básicos da SIC (i.e. disponibilidade, integridade, confidencialidade e autenticidade) associados aos ativos e sistemas de informação e comunicações da

organização. Além disso, o plano tem por objetivo definir funções e responsabilidades, documentar as ações e medidas necessárias para o tratamento de incidentes de forma rápida e eficiente, limitando seu impacto, e, assim, protegendo os ativos e as informações.

Antes do projeto de revisão da ETIR-UFBA, não existia formalmente um plano de gestão de incidentes, apenas fluxos de trabalho que eram executados pela equipe e que variavam ligeiramente em cada caso ou de acordo com o analista que o executava. A formalização do plano de gestão de incidentes buscou uniformizar o fluxo de trabalho, fundamentar o processo de tratamento em metodologias conhecidas e testadas e incorporar requisitos peculiares do contexto em que o CSIRT está inserido. A construção do plano tomou como base, portanto, as normas e legislações nacionais, guias produzidos por outros grupos de segurança e padrões internacionais para serviços de TIC, além das recomendações produzidas pelo CAIS/RNP.

#### 4.2.1 Estrutura do Plano de Gestão de Incidentes de Segurança

O plano de gestão de incidentes de segurança da UFBA foi estruturado da seguinte maneira: 1) Objetivo; 2) Papéis e Responsabilidades; 3) Processo de gestão de incidentes de segurança; 4) Disposições finais.

Na seção “Papéis e Responsabilidades” foram abordadas as atribuições e escopo de cada um dos principais atores no processo de tratamento de incidentes de segurança da UFBA. Em particular, apresentou-se o papel do Gestor de SIC, da Equipe de Tratamento de Incidentes de Redes (ETIR), da Central de Serviços de TI, do Administrador de rede ou de sistema e do Responsável pelo ativo de informação. Associado aos papéis identificados é importante planejar estratégias de comunicação entre eles durante o processo de tratamento de incidentes, dando ciência a cada parte envolvida e solicitando ações ou informações inerentes.

Já na seção que descreve o processo de tratamento de incidentes, tomou-se como base o fluxo ilustrado na Figura 3. Cada etapa foi detalhada, esboçando o conjunto de entradas e saídas previstas e referenciando políticas ou procedimentos específicos.

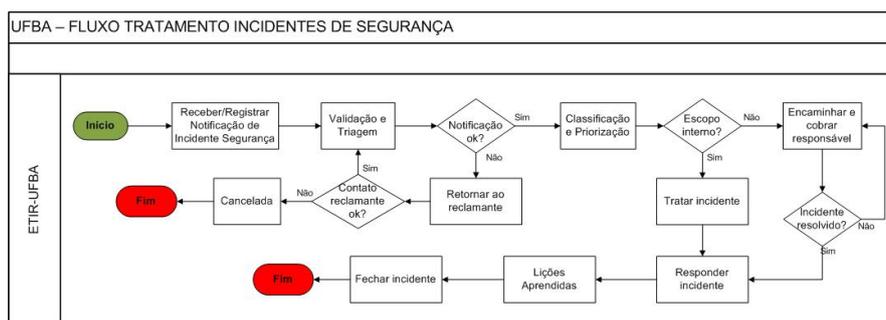


Fig. 3. Fluxo de Tratamento de Incidentes de Segurança da ETIR-UFBA.

Por exemplo, na etapa de recebimento ou envio de notificações de incidentes, foram mapeados os canais de comunicação internos e externos, em conformidade com

padrões específicos [15], bem como, considerando o contexto em que a UFBA está inserida, contatos de outros grupos de segurança que precisam ser copiados em notificações de incidentes externos. Dentre eles, destacam-se: o CAIS, uma vez que a UFBA é instituição cliente da RNP; o CTIR.Gov, pois a UFBA é entidade da Administração Pública Federal; o CERT.br, que é responsável por tratar incidentes de segurança em computadores que envolvam redes conectadas à Internet brasileira.

Na etapa de classificação e priorização, a título de exemplo complementar, foram definidas as categorias de incidente (taxonomia), a matriz de criticidade – tomando como base a urgência versus impacto – e a matriz de acordos de nível de serviço – que define o tempo máximo de solução para cada nível de prioridade mapeado.

A Figura 4 ilustra o plano de gestão de incidentes de segurança da UFBA produzido em parceria com o CAIS. O documento está disponível para compartilhamento com outras instituições interessadas.

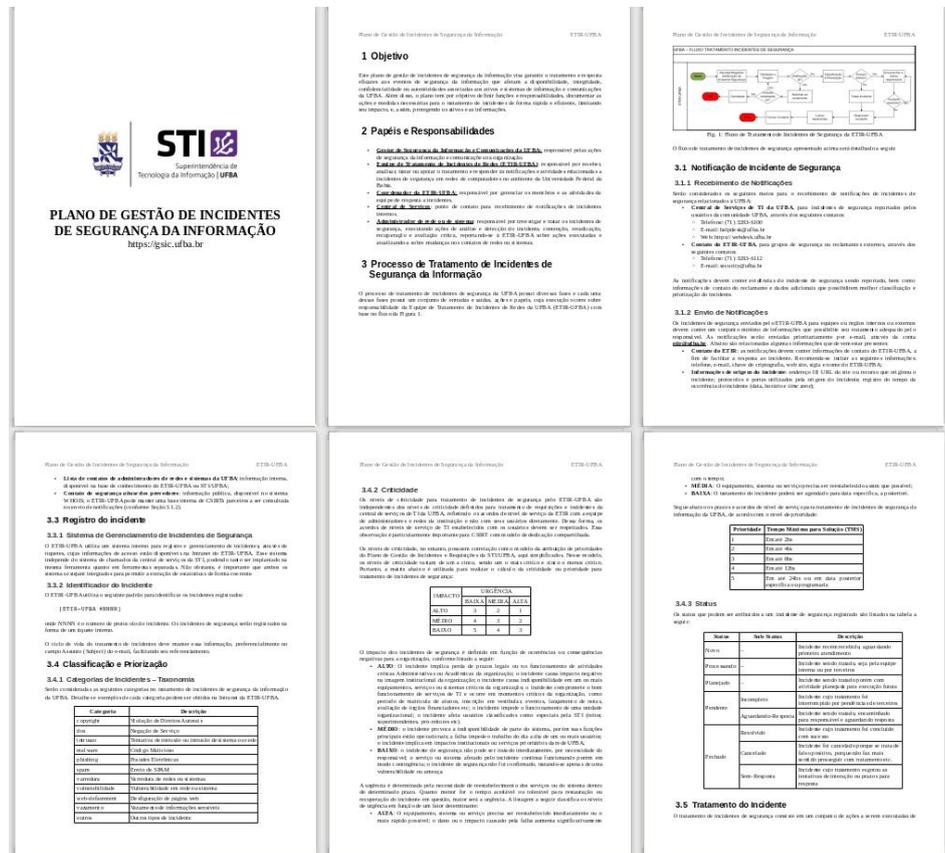


Fig. 4. Plano de Gestão de Incidentes de Segurança da UFBA (recorte)

#### 4.2.2 Ciclo de tratamento de incidentes

Uma das etapas mais importantes do processo de gestão de incidentes é a execução das tarefas do ciclo de tratamento de incidentes para analisar, tratar e responder aos incidentes de segurança reportados a instituição.

As tarefas a serem executadas no ciclo de tratamento de um incidente variam de acordo com cada organização e com cada ativo de informação envolvido no incidente. Abaixo serão apresentadas as ações que compõem o ciclo de tratamento de incidentes da UFBA de forma geral, sendo necessária a definição de procedimentos específicos para cada serviço:

- **Preparação:** esta fase inicial envolve o treinamento de todos que estarão envolvidos com o tratamento de incidentes, aquisição ou configuração de ferramentas, além de verificação de procedimentos e acessos necessários. Algumas medidas são essenciais de serem adotadas nessa fase para o sucesso do tratamento do incidente nas fases seguintes, dentre elas: armazenamento seguro das trilhas de auditoria (logs) dos sistemas; atualização dos ativos de informação e contatos dos responsáveis (e.g. processo de inventário); revisão de topologias e arquitetura dos serviços da organização; dentre outras;
- **Detecção e Análise:** consiste em realizar a análise e detecção do incidente, determinando a sua natureza e extensão, além de prover detalhes dos sistemas comprometidos. Deve-se contemplar: sistemas e serviços afetados, impacto e risco, eventos correlatos e responsáveis. A correlação do incidente com eventos passados pode ajudar a identificar semelhanças e possíveis soluções. Nessa etapa, a equipe de segurança pode identificar as áreas da organização que atuarão em conjunto com a ETIR para contribuir com informações úteis durante o processo. Por fim, inicia-se a execução de um *Plano de Investigação de Incidentes de Segurança*;
- **Contenção:** nessa etapa o responsável pelo tratamento do evento deverá executar um *Plano de Contenção de Incidentes de Segurança*, limitando ou atenuando os danos causados;
- **Preservação de evidências:** antes de se iniciar as ações para restaurar o ambiente, é necessária a preservação de provas e evidências para a identificação correta da causa raiz do incidente e ações futuras;
- **Recuperação:** consiste em recuperar o sistema ou rede em questão, retornando ao seu estado normal de operação através de um *Plano de Recuperação de Incidentes de Segurança*. Deve-se restaurar a integridade do sistema e garantir sua disponibilidade. Em alguns casos, é possível partir para a etapa de Erradicação ou Mitigação sem necessidade de Recuperação, porém devem-se garantir as propriedades de integridade e disponibilidade mencionadas anteriormente;
- **Erradicação ou Mitigação:** nessa etapa o responsável pelo tratamento do evento deverá executar um *Plano de Correção, Mitigação ou Erradicação do incidente*, eliminando sua causa raiz. É importante remover a fragilidade de segurança utilizada para causar o incidente em questão. Idealmente todas as ameaças e riscos devem ser removidos do sistema ou da rede antes que seja reestabelecido online. É importante também validar as correções com as

áreas afetadas e verificar se os componentes afetados retornaram à situação de normalidade;

- **Documentação:** consiste em avaliar e documentar o incidente, apresentando evidências, caracterizando as vulnerabilidades exploradas, o ambiente comprometido, as ações de contenção e correção adotadas, dentre outros. É importante identificar características do incidente para treinar a equipe no tratamento de novos eventos e, quando cabível, levantar informações a serem usadas em processos legais. Deve-se produzir ao final do incidente um breve relatório sobre o seu tratamento, registrando-o junto à ETIR-UFBA;

Scarfone et al. [7] apresenta um *checklist* para direcionar os grupos de tratamento de incidentes na execução das tarefas acima descritas. Este *checklist* deve ser customizado com as peculiaridades de cada organização, eliminando itens que não condizem com o cenário em questão e acrescentando ou modificando outros. Em particular, a UFBA adaptou as ações específicas de cada tarefa de acordo com sua realidade, culminando no *checklist* descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Checklist do ciclo de tratamento de incidentes de segurança.

Ação	Status
<b>Preparação</b>	
1. Definir um plano de gestão de incidentes (ex: fluxos, processos, categorias e priorização)	
2. Definir um plano de comunicação emergencial (ex: contatos, criptografia, sala crise)	
3. Ferramentas e equipamentos para tratamento do incidente (storage p/ evidências, software forense, laptops)	
3.1. Definir área de armazenamento para evidências de incidentes	
3.2. Elencar/Adquirir conjunto de ferramentas para análise forense e documentação de uso	
3.3. Mapear equipamentos ou materiais necessários (ex: laptop, quadro branco, HD externo etc.)	
4. Estabelecer recursos para análise de incidentes (KB, sistema de logs, inventário e topologias do ambiente)	
4.1. Garantir coleta e armazenamento centralizado de logs de Firewall/NAT, Proxy, Autenticação	
4.2. Implantar sistema de registro e acompanhamento de incidentes de segurança	
4.3. Garantir a existência e atualização de inventário e topologias do ambiente	
4.4. Implantar solução de Base de Conhecimento (KB) e registro de Lições Aprendidas	
5. Estabelecer recursos de contenção do incidente	
6. Estabelecer recursos de recuperação do incidente	
<b>Deteção e Análise</b>	
7. Confirmar a ocorrência do incidente	
7.1. Analisar eventos reportados e indicativos	
7.2. Realizar a correlação de informações	
7.3. Pesquisar e levantar informações (ex: buscadores, KB)	
7.4. Ao confirmar o incidente, iniciar documentação e coleta de evidências	
8. Definir as prioridades no tratamento do incidente (ex: impacto funcional, abrangência, tendência de agravamento)	
9. Reportar o incidente para equipe interna e grupos externos	
<b>Contenção, Erradicação e Recuperação</b>	
10. Coletar, preservar e documentar evidências	
11. Conter o incidente	
12. Erradicar o incidente	
12.1. Identificar e mitigar as vulnerabilidades exploradas	
12.2. Remover código malicioso e conteúdo impróprio ou ilegítimo	
12.3. Caso identifique mais ativos afetados pelo incidente, repetir as ações de Deteção e Análise, seguindo para contenção e erradicação	
13. Recuperar os ativos	
13.1. Normalizar e retomar os sistemas afetados	
13.2. Confirmar o correto funcionamento dos sistemas afetados	

### 4.2.3 Ferramentas desenvolvidas para apoio no tratamento de incidentes

Ao longo da operação do ETIR-UFBA, diversas ferramentas foram desenvolvidas para dar suporte às ações de tratamento de incidentes de segurança. Todas as ferramentas nasceram a partir de problemas específicos de uma rede acadêmica *multicampi*, com múltiplos perfis de usuários e recursos tecnológicos, como é a Rede UFBA. Essas particularidades deram espaço para o desenvolvimento de soluções modulares e configuráveis, a fim de que atendessem não apenas as necessidades da UFBA, mas também de outras organizações do mesmo setor, fomentando-se, assim, a colaboração e cooperação entre equipes de TIC. Nas subseções seguintes, algumas dessas ferramentas serão apresentadas.

#### 4.2.3.1 TRAIRA – Tratamento de Incidentes de Redes Automatizado

O TRAIRA (Tratamento de Incidentes de Redes Automatizado) é uma ferramenta de apoio ao tratamento de incidentes de segurança que permite o registro e acompanhamento de notificações de incidente, automatizando as principais etapas do ciclo de tratamento de incidentes de segurança e fornecendo estatísticas e métricas para avaliação do desempenho e qualidade do processo [16].

Duas fases importantes do tratamento de incidentes podem ser facilmente automatizadas no TRAIRA: detecção e análise; contenção. A primeira etapa que o TRAIRA executa é o *Parser* das notificações recebidas, que consiste em identificar o tipo de incidente de acordo com o conteúdo do e-mail e extrair as informações relevantes para o seu tratamento. Na fase de detecção e análise, o TRAIRA consulta as bases de registro de trilhas de auditorias configuradas na fase de Preparação para fazer a correlação dos dados enviados na notificação com hosts internos na rede. Essa correlação em redes IPv4 geralmente depende dos registros de NAT (*Network Address Translation*) gerados pelo equipamento de Firewall. Assim, o TRAIRA realiza a busca em bases de registro necessárias e faz o mapeamento dos hosts contidos na notificação original com os hosts internos causadores do incidente.

Na fase de Contenção o TRAIRA emprega políticas de cessação da atividade maliciosa através do isolamento da máquina comprometida como, por exemplo, bloqueio no switch gerenciável ou roteador mais próximo.

Por fim, o TRAIRA pode ser usado para geração de estatísticas. A Figura 5 ilustra algumas destas estatísticas. Nessa figura é possível ter uma visão sobre a quantidade de incidentes recebidos e tratados, distribuição de incidentes por VLAN ou por grupo de responsabilidade e também uma visão de máquinas reincidentes.

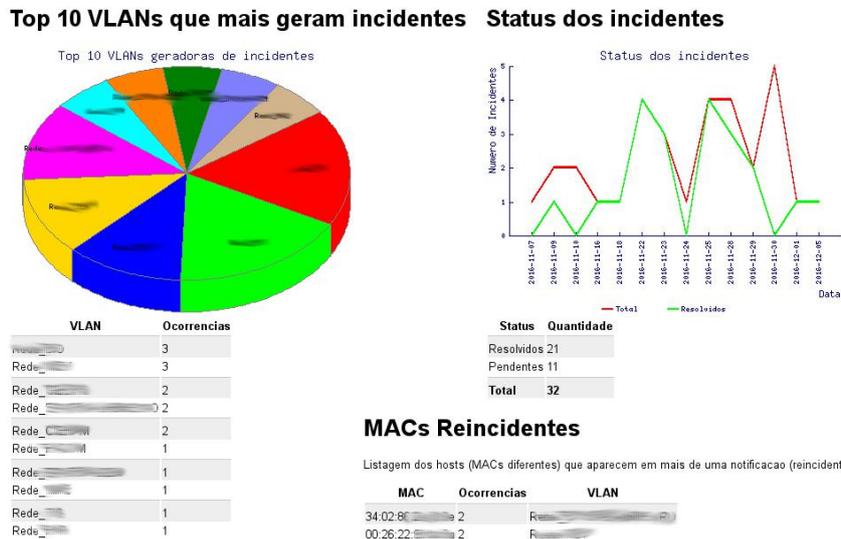


Fig. 5. Visão das estatísticas de incidentes no TRAIRA.

O TRAIRA pode ser obtido através do endereço <https://certbahia.pop-ba.rnp.br/projects/traira/>, onde também está disponível a documentação de instalação e uso.

#### 4.2.3.2 L2M – Layer 2 Manager

Uma informação importante para o tratamento de incidentes de segurança é a associação entre endereços IP (v4 e v6) e hosts (máquinas). Mesmo em redes que utilizam configuração estática, o computador pode ser configurado para ter mais de um IP global e isso pode impactar na identificação dos hosts envolvidos em incidentes de segurança. Nas redes dinâmicas, baseadas em DHCP ou RA, outro desafio é manter o histórico de correção IP/host ao longo do tempo, visto que os incidentes de segurança podem ser relativos a momentos passados. Para tratar essa questão, a UFBA desenvolveu a aplicação L2M (Layer 2 Manager) cujo objetivo é coletar, armazenar e apresentar as informações de relacionamento IP/host ao longo do tempo.

Uma visão geral do funcionamento da ferramenta pode ser visto na Figura 6. Nessa figura é possível observar dois módulos do L2M: a consulta de MAC/IP e as estatísticas de quantidade de hosts por VLAN. Na primeira função (consulta de IP/MAC), o administrador pode visualizar qual o endereço MAC associado com determinado IP em determinado momento, ou vice-versa. A ferramenta disponibiliza também uma API REST, para integração com outras ferramentas, retornando um JSON com as informações consultadas. A segunda funcionalidade permite ter uma visão da capacidade da rede completa ou por VLAN ao longo do dia, mês e ano. A funcionalidade de contenção, embora não demonstrada na figura, é de fundamental importância para o tratamento de incidentes, pois é possível consultar, bloquear ou liberar determinada máquina no ambiente de quarentena ou contenção da organização.

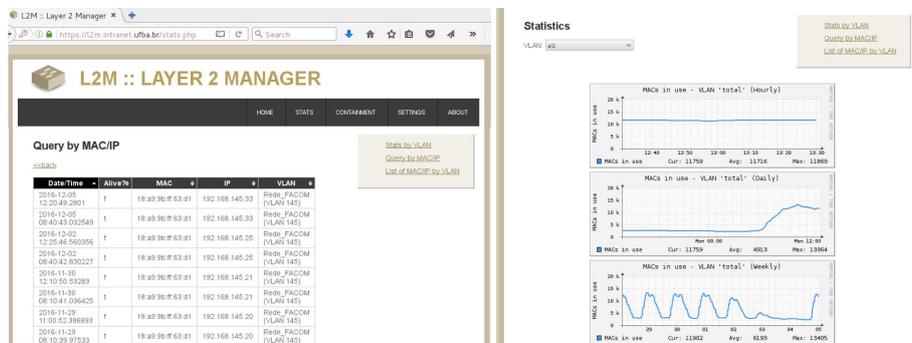


Fig. 6. Interface web do L2M: a) na esquerda, a consulta por IP ou MAC; b) na direita, estatísticas de quantidade de hosts por VLAN.

A coleta de dados do L2M é feita de duas formas: via script ou via SNMP. Embora a consulta via SNMP seja mais eficiente para obtenção dos dados, alguns fabricantes de equipamentos de rede não suportam apresentar as informações da tabela ARP ou *Neighbor Discovery* via SNMP. Para esses casos, é possível fazer a consulta via scripts com auxílio da biblioteca Expect. A ferramenta L2M já foi homologada com diversas soluções de rede, dentre elas: Cisco, Juniper, Extreme, Brocade, D-Link, Linux, FreeBSD/PFSense.

A ferramenta L2M está publicamente disponível em <https://certbahia.pop-ba.rnp.br/projects/l2m/>.

#### 4.2.3.3 Registro de eventos de NAT para IPTables/Netfilter e PFSense

Com o esgotamento de endereços IPv4, uma das abordagens amplamente utilizadas pelas organizações e provedores é o NAT (*Network Address Translation*). A técnica de NAT visa traduzir os endereços IP utilizados na rede interna em um endereço IP (ou faixa de endereços) utilizado na rede externa (Internet). No que tange ao tratamento de incidentes de segurança, a principal dificuldade adicionada pelo NAT consiste em determinar com precisão o endereço IP interno que foi traduzido no endereço IP externo, uma vez que as notificações de incidentes recebidas de fontes externas (e.g. outros CSIRTs) contêm apenas o endereço IP externo.

Para o tratamento de incidentes de segurança a seguinte tupla de informações é necessária: <IP e porta de origem originais; IP e porta de origem traduzidos; IP e porta de destino; protocolo; data/hora de início; data/hora de fim>. Muitas vezes, a informação de IP e porta de destino não são necessárias, sendo omitida em algumas soluções. Outras vezes, a data/hora de início e fim são calculadas a partir da data/hora de registro do evento nas trilhas de auditoria e da duração daquela tradução.

Algumas soluções de Firewall não possuem recursos nativos para fazer o registro em trilhas de auditoria das conexões NAT. Esse é o caso, por exemplo, de duas soluções *opensource* amplamente utilizadas: IPTables/Netfilter e PFSense. Visando prover uma solução para essa lacuna, foram desenvolvidas duas ferramentas que

mantém controle sobre o estado das traduções NAT e realiza o registro em trilhas de auditoria desses eventos:

- **NFCT-SNATLOG**: Ferramenta desenvolvida para o IPTables/Netfilter que registra-se na tabela de conexões do kernel Linux (network conntrack) e registra eventos de criação e finalização de tradução NAT. A partir desses eventos, são geradas as informações necessárias para tratamento de incidentes via *syslog*. A ferramenta está disponível em <https://certbahia.pop-ba.rnp.br/projects/nfct-snatlog/>;
- **PFNATTRACK**: de forma equivalente ao NFCT-SNATLOG, essa ferramenta monitora os estados de conexão do PF/Freebsd e gera registro de auditorias para conexões envolvidas na tradução de endereços IP. A saída gerada pode ser facilmente redirecionada para um host remoto via *syslog*, ou armazenada localmente. A ferramenta está disponível em <https://certbahia.pop-ba.rnp.br/projects/pfnattrack/>;

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

O crescimento atual da Internet tem alavancado o número de incidentes de segurança da informação. Devido aos prejuízos causados por tais incidentes e sua dificuldade de prevenção, é necessário estabelecer políticas eficientes de tratamento e resposta a incidentes de segurança, bem como dispor de equipes dedicadas e preparadas para essa atividade. Este artigo apresentou um projeto proposto pelo CAIS/RNP para desenvolvimento de CSIRTs em organizações clientes da rede acadêmica brasileira, bem como um estudo de caso da aplicação dessa metodologia para aperfeiçoamento do processo institucional de segurança da informação na UFBA.

As recomendações de boas práticas, definições, modelos e ferramentas apresentadas podem servir de base para outras organizações implantarem ou aperfeiçoarem seus times de segurança e resposta a incidentes. O modelo apresentado é flexível o suficiente para ser customizado para cada organização, o que demonstra sua viabilidade de sua aplicação prática em ambientes complexos e heterogêneos, realidade comum nas instituições acadêmicas de ensino e pesquisa brasileiras.

Como trabalhos futuros espera-se: i) ampliar a quantidade de instituições participantes do projeto; ii) estruturar treinamentos para capacitação das equipes de TI em instituições que não possuem CSIRT; e iii) desenvolver novas ferramentas em colaboração com os CSIRTs para apoio no tratamento de incidentes de segurança.

## Referencias

1. Politzer K.: Aspectos e fatores da produtividade em pesquisa, desenvolvimento e inovação. Quim. Nova, Vol. 28, Suplemento, S76-S78 (2005)
2. Cordeiro, SFN.: Tecnologias digitais móveis e cotidiano escolar: espaços/tempos de aprender. Tese de doutorado em educação, Repositório Institucional da Universidade Federal da Bahia. (2014)

3. Brown MW., Stikvoort D., Kossakowski K., Killcrece G., Ruefle R., Zajicek M.: Handbook for Computer Security Incident Response Teams (CSIRTs). Software Engineering Institute, CMU/SI-2003-HB-002. (2003)
4. Alberts C., Dorofee A., Killcrece G., Ruefle R., Zajicek M.: Defining incident management process for CSIRTs: A work in progress. En: 10th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, pp. 181 a 184. IEEE Press, New York (2001)
5. CERT Coordination Center.: Computer security incident response team (CSIRT) frequently asked questions (FAQ). <[http://cert.org/csirts/csirt\\_faq.html](http://cert.org/csirts/csirt_faq.html)>. (2002)
6. Killcrece G., Kossakowski K., Ruefle R., Zajicek M.: State of the practice of computer security incident response teams (CSIRTs). Software Engineering Institute, CMU/SEI-2003-TR-001. (2003)
7. Scarfone K., Cichonski P., Millar T., Grance T.: Computer security incident handling guide. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-61 Revision 2. (2012)
8. ENISA.: Good practice guide for incident management. European Network and Information Security Agency. (2010)
9. CAIS/RNP.: Pesquisa de Segurança da Rede Acadêmica Brasileira. Centro de Atendimento a Incidentes de Segurança da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. <<https://www.rnp.br/servicos/seguranca/educacao-e-conscientizacao-seguranca>>. (2009, 2012)
10. DSIC/GSI/PR.: Instrução normativa GSI/PR nº 1. Gabinete de Segurança Institucional, Departamento de Segurança da Informação e Comunicações, Presidência da República. <[http://dsic.planalto.gov.br/documentos/in\\_01\\_gsidsic.pdf](http://dsic.planalto.gov.br/documentos/in_01_gsidsic.pdf)>. (2008)
11. DSIC/GSI/PR.: Disciplina a criação de Equipes de Tratamento e Respostas a Incidentes em Redes Computacionais - ETIR nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal. Norma complementar nº 05/IN01/DSIC/GSIPR. Gabinete de Segurança Institucional, Departamento de Segurança da Informação e Comunicações, Presidência da República. <[http://dsic.planalto.gov.br/documentos/nc\\_05\\_etir.pdf](http://dsic.planalto.gov.br/documentos/nc_05_etir.pdf)>. (2009)
12. DSIC/GSI/PR.: Gestão de ETIR: Diretrizes para gerenciamento de incidentes em redes computacionais nos órgãos e entidades da administração pública federal. Norma complementar nº 08/IN01/DSIC/GSIPR. Gabinete de Segurança Institucional, Departamento de Segurança da Informação e Comunicações, Presidência da República. <[http://dsic.planalto.gov.br/documentos/nc\\_8\\_gestao\\_etir.pdf](http://dsic.planalto.gov.br/documentos/nc_8_gestao_etir.pdf)>. (2010)
13. Andrade, FFD.: O método de melhorias PDCA. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo. Escola politécnica. DOI 10.11606/D.3.2003.tde-04092003-150859. (2003)
14. Oliveira, DPR.: Planejamento estratégico - Conceitos, Metodologias e Práticas. 12A.ed. São Paulo: Atlas (2004)
15. Crocker, D.: "RFC 2142: Mailbox names for common services, roles and functions." Network Working Group, May. (1997)
16. Brito, IV.: "TRAIRA: uma ferramenta para o Tratamento de Incidentes de Rede Automatizado" In. XI Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de

Sistemas Computacionais (SBSeg) - Brasília - DF. <<https://www.pop-ba.rnp.br/files/papers/traira-sbseg2011.pdf>>. (2011)



**SESIÓN SERVICIOS DE VALOR AGREGADO DE  
REDES ACADÉMICAS AVANZADAS**



## Advanced brokering of hybrid clouds to institutions in the Netherlands

Michel Wets<sup>110</sup>, Harold Teunissen<sup>111</sup>  
Surfnet, Netherlands  
[michel.wets@surfnet.nl](mailto:michel.wets@surfnet.nl)

**Presentation summary.** Education and research institution increasingly use public cloud services as part of their internal IT and in education. Getting these services in line with the R&E requirements on e.g. privacy and security is not easy. On request of six universities of applied science, SURFnet create a hybrid cloud service which gives institutions access to a wide range of IaaS and PaaS services from both SURFnet and a wide range of European and US public cloud providers. These services have subsequently been made available to all Dutch institutions connected to SURFnet. SURFnet participated in a joint public tender with 35 other European NRENs for the public providers. Institutions can consume these services without having to run a tender themselves. IT departments, teachers and researchers can transparently see the capabilities and associated costs and choose which provider to use for which specific applications. The cloud management portal ,through which all these services are managed and provisioned, serves as a single control plane. It standardizes (and automates) tasks and gives institutions the ability to control (and limit) costs.

During this presentation, we will:

- explain the collaboration between SURFnet and Dutch institutions on cloud services;
- describe the process from initial requests to the service created;
- report on the joint European NREN IaaS tender through GEANT
- present the SURFcumulus hybrid IaaS services
- explain how it meets the needs of Dutch Institutions on legal, privacy, security and predictability of costs

### 1 SURF cooperative

The SURF cooperative serves as a joint platform where Dutch research universities, universities of applied sciences, university medical centers, research institutions and senior secondary vocational education institutions work together to develop ICT

---

<sup>110</sup> **Michel Wets:** heads the Cloud team within SURFnet's Enriched Technologies department and is as Product Manager responsible for the SURFcumulus service. Michel joined SURFnet in 2011 and has been working in the IT sector for 25 years in a variety of roles, ranging from hands on IT, project management, architecture, procurement and account management to product management.

<sup>111</sup> **Harold Teunissen:** As head of the Enriched Technology department I am responsible for the full product lifecycle of cloud and education services. Also I am leading the "incubator" initiative at SURFnet. I am leading the current Community Cloud efforts at SURFnet creating a broad set of cloud services ranging from a hybrid IaaS service SURFcumulus (VMware, Azure, AWS), to end-user filesharing services like SURFdrive and SURFfilesender.

innovations. This collaboration extends to various levels: administrative, policy and operational.

### 1.1 Structure

SURF U.A. Cooperative is a cooperative association with excluded liability. The SURF cooperative consists of the cooperative office (SURF office) and three operating companies: SURFmarket, SURFnet and SURFsara. SURFnet is the Dutch NREN servicing 180 (middle and higher) education and research institutions with 500.000 end-users in The Netherlands.

### 1.2 Member-owned

The members become co-owners of SURF by signing a membership statement. Education and research institutions that have signed this statement are under obligation to purchase services provided as a part of SURF's core package (a process referred to as insourcing). This obligation only applies if the institution in question is in need of such services. The insourcing agreements exclusively apply to institutions that hold membership of the cooperative.



Fig.1, the SURF organization.

SURFnet operates over 9.000 km of dark fiber within the Netherlands to connect its institutions with speeds up to 100 Gbps, using light paths, IPv6 and IPv4.

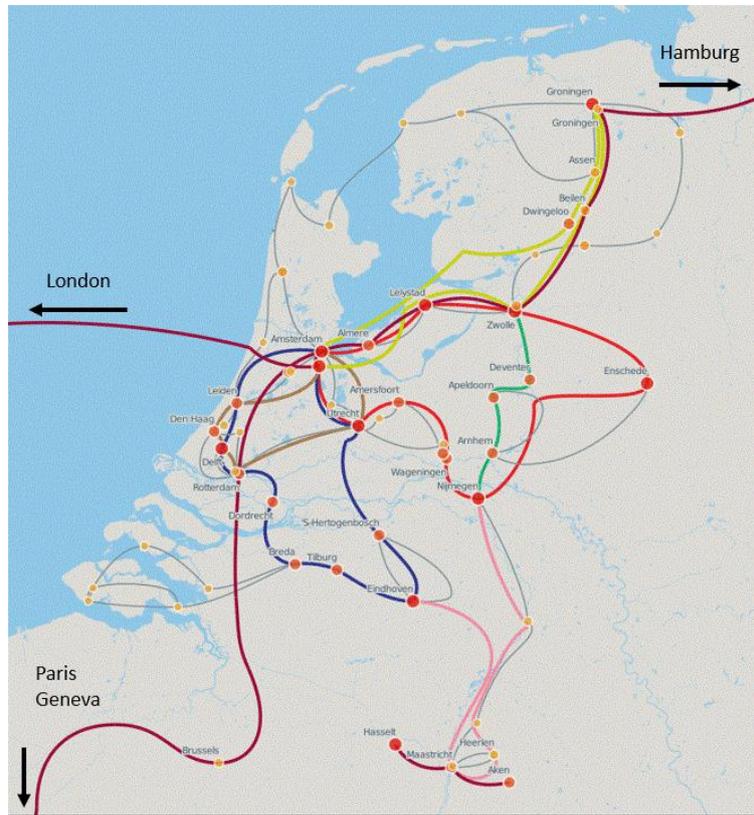


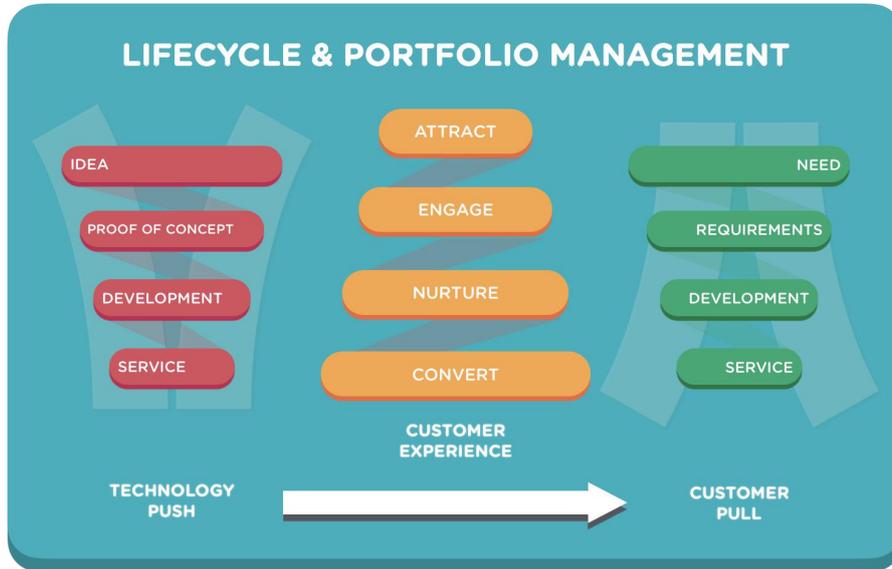
Fig.2, the SURFnet footprint and service delivery

### 1.3 The changing role of the NREN

Traditionally, NRENs have been primarily network orientated creating innovative services for their institutions (technology push). Increasingly, institutions in the Netherlands have been looking at SURFnet to procure and deliver complex commodity services for which they see a uniform need among institutions. This led to the creation of a SURF cloud approach in which:

- A limited number of institutions contribute money and resources and create a uniform set of requirements
- SURF uses desk- and market research to investigate the viability of the service
- SURF creates a Service Proposition including a cost calculation aiming to break even over a three year period.
- Institutions accept the Service Proposition and sign up for the initial three years
- SURF creates the Service
- Other institutions can join the service as is.

- All participating institutions are involved in the governance and roadmap of the service.



**Fig. 3: evolving LCPM within SURFnet**

#### 1.4 From Operation to Directing

The use of the cloud requires a different set of competences of an ICT-organization from when it provisions and manages its own infrastructure. When an ICT organization increases the use of more off-site services, an organizational transition to a Director approach becomes needed. One of the most important roles of such a Director organization is the reconciliation between the demand of customers and supply from the market.

Because the Cloud market is in continuous development, keeping up is not a trivial task for an individual SURF-member. In the community cloud variant, suppliers can be managed on market conformity of service delivery. SURF can play the role as Supply Manager by aggregating the demand from its members, matching it with supply from the market.

#### 1.5 SURFnet as outsourcing organization

SURF is increasingly developing towards becoming a vendor/broker of different ICT services. There are great similarities in the activities carried out for all those services. In addition, uniformity in customer contact is very much desired by institutions. For both SURFwireless (wifi as a service) and SURFcumulus Managed a Director-group has been created. For SURFcumulus Managed, the essence of Directing is having control on the orchestration, delivery and maintenance processes with the aim of optimizing customer satisfaction.

## SURFcumulus service

### 1.6 SURFcumulus Basic and Managed architecture

SURFcumulus is the hybrid Infrastructure-as-a-service-service (IaaS) SURFnet. It provides institutions with a wide range of IaaS services in which SURF manages the hardware, network and virtualization while the institutions manages the operating system, the data and the application. It allows you to move VMs (virtual machines) without running a procurement against the right conditions of use and guarantees to public IaaS providers.

### 1.7 SURFcumulus is available in two versions: Basic and Managed

Both use the same core services:

- Services were procured through a European tender. Institutions can use these services without having to run lengthy procurement processes themselves;
- SURF handles the purchase and care of the contract;
- Privacy: all public providers meet the standards of the SURF Framework of Legal Standards for (Cloud) Services<sup>112</sup>;
- SURF provides transparency on the data classification which the public providers have been proven to be able to support. SURF checks during the contract period that the provider continues to meet its audit obligations;
- SURF provides the invoicing towards the institutions;
- All providers are connected directly to the SURFnet network so they can be used quickly and safely.

SURFcumulus		BASIC	MANAGED
PROCUREMENT / CONTRACT MGMT		✓	✓
LEGAL SUPPORT & AUDITS		✓	✓
LICENSE SUPPORT		✓	✓
PUBLIC IAAS PROVIDERS		✓	✓
SURFNET VIRTUALISATION PLATFORM			✓
CLOUD MANAGEMENT PORTAL			✓
REPORT & COST CONTROL			✓
24/7 SUPPORT			✓
OPERATIONAL MANAGEMENT			✓
MIGRATION SUPPORT			✓
ANNUAL COST (ADD-ON FEE PER VM)		- (+5%)	€40k* (+5%)

\*) For use of 0-50 VMs

**Fig.4: SURFcumulus Basic and Managed side by side**

<sup>112</sup> <https://www.surf.nl/en/knowledge-base/2013/surf-framework-of-legal-standards-for-cloud-services.html>

## 1.8 The public providers

In 2017, Microsoft Azure, Amazon AWS, Dimension Data and Interoute will join the current public IaaS providers KPN and Vancis to create a broad set of IaaS services. Services of CloudSigma can be added at a later time if their services are of additional value.

## 1.9 SURFcumulus Managed added value

SURFcumulus Managed allows institutions to take the driver seat while SURFnet manages the IaaS services. The institution can concentrate its ICT resources on the internal organization.

The advantages of SURFcumulus Managed:

- Supporting the institution cloud transition process through:
- Optional usage to the, on VMware based, SURFnet Virtualization Platform (SVP)
- Manage all your cloud resources through a central Cloud Management platform (CMP)
- Business case tool, allowing a TCO comparison between the cloud and your own infrastructure costs
- Actively aiding cloud strategy creation and supporting migrations
- Independent advice
- 24/7 support
- Facilitate supplier trainings
- Active vendor management
- Participation of all institutions using SURFcumulus Managed in the governance workgroup, controlling the further development of the service (roadmap items and prioritization)
- Access to SURFnet Cloud expertise center:
- Promoting and facilitating collaboration between institutions
- White papers, PoC templates and use case sharing
- Independent workshops on tactical and operational level

The essence of SURFcumulus Managed is that it enables institutions to use a broad spectrum of IaaS providers, with the right conditions, while SURFnet provides the operational management of the platforms. This allows institutions to use a multi-cloud strategy where the specific requirements of a workload decide on the best cloud provider to use. The institution can concentrate on managing and monitoring the usage of the resources. SURFnet acts as broker and director of the IaaS service delivery, manages and monitors the complete service delivery chain and manages the providers and is the single point of contact for the institutions.

## 2 Key components of SURFcumulus Managed

### 2.1 SURFnet Virtualization Platform (SVP)

This, on VMware based platform allows institutions with a safe haven, allowing institutions a place to host VMs when public IaaS providers are not (yet) able to meet specific requirements.

## 2.2 Cloud Management Platform (CMP)

The CMP is the single glass of pane functioning as a self-service portal allowing institutions to manage their IaaS resources over all providers in a uniform way. This lowers risks as engineers, teachers and students can choose from a limited set of options, avoiding situations where they chose the wrong option (e.g. too costly or an inappropriate datacenter). The CMP runs within a SURFnet datacenter and is accessible through an, on SAML2 based, federated authentication mechanism used by all Dutch institutions.

The Role Based Access Control allows institutions to create cost based groups and control access and rights within their organization while centralized logging allows reporting on changes including who provisioned which VM at which moment.



Fig. 5: High level architecture SURFcumulus

## 2.3 SURFnet cloud Director group.

This group of five SURF internal employees ensure that the SURFcumulus Managed service keeps meeting the key requirements of institutions, monitor the public provider performances and act as an escalation team. They fulfill the following roles:

- Product Manager: responsible for the SURFcumulus service including Profit and Loss.

- Service Delivery Manager(s): responsible for the contact with the institutions, helping them in their cloud strategy, roadmaps, proof of concept, migrations and responsible for customer satisfaction.
- Manager Operation: responsible for the CMP, SVP and managing the service delivery of the public IaaS providers.
- Contract Manager: responsible for all contracting and contract management of the public IaaS providers, the contracts with the institution, receiving invoices from providers and invoicing the institutions.

## 2.4 SURFcumulus Basic

This is the version in which institutions will interact directly with one or more of the public cloud providers for the delivery of the IaaS services. SURFnet aids in the initial onboarding after which the institution uses the portal provided by the public IaaS provider for the provisioning and administration of the VMs. In case of incidents, the institution directly interacts with the public IaaS provider. This version is ideal for institutions who want to control everything themselves or who have a long-term contract for hardware or datacenters but want to use public IaaS providers for proof of concepts or bursting.

## 2.5 Cost recovery

As most NRENs, SURFnet is a not-for-profit and not-for-loss organization. SURFcumulus is positioned as a semi commodity service and should break even in three years. Meaning that all upfront investments must be recouped in later years.

There are two mechanisms which generate the income to cover the costs:

- A 5% surcharge on all usage covers all procurement, contracting (contract creation, data protection agreements, audit checks and operational contract management) and associated generic processes
- A subscription fee (starting at 40K euro annually) for the SURFcumulus Managed customers covers the SVP, CMP, 24/7 support and the SURFnet cloud Director group

Twice a year, SURFnet will check if the income generated by these two mechanisms reaches a point where the break-even is sustainably realized. If this is the case, these cost components will be lowered.

### Adoption

SURFcumulus had a soft launch in July 2016 with the Cloud Management Portal, the SURFnet Virtualization platform and the Director team operational. The availability of the first set of public providers has created a lot of interest among Dutch institutions. Currently 7 institutions have signed up to SURFcumulus managed and this figure is likely to rise to 10 before the end of 2017. At the same time we see a lot of interest in the 'do it yourself' Basic version. The lack of upfront investments and not having to worry about procurements thresholds and security and privacy considerations has proven very appealing.

### 3 Annex 1: Rise and considerations

#### 3.1 Origin

Six universities of applied science (Hogeschool van Arnhem and Nijmegen, Leiden, Hogeschool Inholland, Fontys, Saxion Hogeschool Utrecht and) had the desire to collaboratively run a joined ICT infrastructure services procurement. Recognizing that their needs are similar to those of other institutions, they approached SURFnet and created the Kube project (which led to the SURFcumulus service).

The goal was to organize the procurement of ICT infrastructure services available to all institutions connected to SURFnet.

The desired service is described on the basis of four aspects (governance, legal, financial and service):

- The cooperation between the institutions and SURFnet is based on the relation between the affiliated members and SURF which means that SURFnet takes over the public tender responsibilities for the institutions and institutions can consume the services without running formal procurement projects or tenders.
- SURFnet acts as broker and Director of the service
- The services model is based primarily on IaaS (infrastructure as a Service) service as described in the SURF IaaS Proposition but is expected to (later) include PaaS and eventually SaaS services.
- The financial model is based on the principle of *pay per use* actually consumed ICT infrastructure services;

#### 3.2 Reasoning

The following reasoning was used by the six Universities of Applied Science to seek a coordinated approach on Infrastructure services.

- Need for higher guaranteed availability as available through their own infrastructure
- Students and staff require IT services to be available 24/7. The higher education collective employment agreement don't allow for structural 24/7 support
- Many institutions don't regard having their own data centers as a core business for an educational institutions.
- Geographical resilience is highly desirable but is almost always deemed as excessively expensive
- IaaS services are complex in nature (contracting, privacy and security). Institutions don't have the skillsets to procure and manage these services.
- Infrastructure services require highly skilled engineers; institutions may be unable to find and employ these in the future.

### 3.3 Standardization

The basis for standardization and improvement of ICT services is the improvement and harmonization of the ICT infrastructure services. Think of higher availability of service and 7 x 24 hours support but also meeting higher requirements in terms of security, reliability, sustainability and flexibility. These requirements call for major investments if institutions were to realize those individually for their own institution. The members of SURF have to decide if they expect themselves to be able to achieve the medium-term delivery and continuous improvement of ICT infrastructure services. Is operating a datacenter a core business for an institution? It is expected that the necessary infrastructure services are already available on the market, but that it will take some years before suppliers can fully comply with the legal Standards higher education Cloud Services Framework on privacy and security.

### 3.4 Cloud development

The rise of cloud computing in the last years has gone so quickly that organizations struggle to keep up with its development, let alone that they will be able to match the functionalities with their own infrastructure at the same level of investment. The cloud providers offer various possibilities: ranging from services in a private environment, where it's clear where all data is and where the availability, security and thus the full internal management responsibilities are clear, to a public cloud solution in which this is the responsibility of the supplier.

In between on premise and full public provider usage there is the community cloud, where SURF-members can specify the required functionality and thereby also affect the security and privacy requirements. SURFcumulus Managed should be seen as an example of such a community cloud service.

## 4 Annex 2: the GEANT IaaS procurement

GEANT is Europe's collaboration on network and related e-infrastructure and services for the benefit of research and education, contributing to Europe's economic growth and competitiveness. The organisation develops, delivers and promotes advanced network and associated e-infrastructure services, and supports innovation and knowledge-sharing amongst its members, partners and the wider research and education networking community.

SURFnet is a member of GEANT and has taken a leading role in the intra-European IaaS procurement project in which a number of NRENs combined their resources to run a procurement which would allow over 10.000 research and education institutions in 36 countries to consume the cloud in a safe, easy and predictable way, with services that:

- meet European and national regulations
- have attractive pricing
- are connected to the community's networks and identity management capabilities

- can be purchased in a controlled and transparent manner.

By aggregating this demand from Europe's National Research and Education Networks (NRENs) and the 10,000 institutions they connect, GÉANT has created a substantial single digital market where up to €500m could be channeled through the framework contracts over the next four years. Furthermore, the portfolio of services and associated joint cloud delivery and adoption approach is delivering a firm basis for bringing the EC's European Cloud Initiative and European Open Science Cloud to fruition.

#### 4.1 Getting all stakeholders aboard

In order to make a project like this a success, all stakeholders need to be on board and see the benefits. The procurement team invested heavily on this field by identifying the stakeholders and addressing their needs:

- Public Providers benefits are that they only have to answer to a single tender instead of thousands of them over the contract duration if institutions would tender individual. The team had meetings with all interested providers (collectively and individually) and shared the draft tender document at two stages asking them for feedback. As such, the public providers were aware of the why, how and what even before the tender was published.
- NRENs were informed of the projects and updated on the status at different conferences and meetings by the procurement team. The leading NRENs all contributed to the procurement team ensuring the internal awareness within those NRENs. All other European NRENs were explicitly asked if they wanted to participate in this tender; 36 signed up.
- The leading NRENs consulted their institutions, making them aware of what was coming and listening to their needs. The main benefits described to the institutions were:
  - Not having to tender themselves
  - Advantages of scale: better service guarantees and lower costs as when they would have tendered individually
  - Services which meet the strict legal requirements on privacy and security

#### 4.2 Tender outcome

With strong interest in the tender, over 100 companies registered for the procurement. The following providers have qualified and will become available to European institutions.

- Amazon, through resellers: Arcus, Comparex, Telecom Italia,
- Cloudsigma
- Dimension Data
- Interoute
- itSoft
- KPN

- Lattelecom
- Microsoft, through resellers: Atea, Cactus, Comparex, Dom-Daniel, Infosoft, Micromail, Nextsense, Novabase, SoftwareOne, Span and Ymens
- T-Systems
- Telecom Italia
- Vancis

Not all providers will be active in all countries. Some have opted to only respond to a specific set of countries while only a limited Microsoft and Amazon resellers are selected per country

#### **4.3 Scope of Services**

While the object of this framework agreement is primarily IaaS, other complementary service offerings utilizing Suppliers' Public IaaS resources may also be consumed. These complementary service offerings may not include co-location or SAAS services. All complementary services in Schedule 1 must utilize (or be based on or directly related to) the vendor's Public IaaS resources (CPU, memory, storage, networking).

Value added services e.g. Implementation services, Managed services or license based (e.g. VMs with applications pre-installed from a vendor's cloud "marketplace") services may be included but these must be a direct consequence of the usage of IAAS services. The value of services above IAAS services must not exceed 50% of the contract value over the duration of an award. This 50% limit does not include onboarding, architecture, design or related support services.

#### **4.4 Complexity**

Cloud services are extremely complex in (contracting and comparing) nature. It took an international team comprising of technical, procurement, business, marketing and legal experts two years to prepare and run the European procurement based tender and the resulting awarding and contracting. Individual institutions and even individual NRENs will likely lack the expertise (and commitment) needed to do this themselves. Collaboration on an international scale is needed to realize this.

The GEANT IaaS procurement project has shown that, although European NRENs are in different stages of cloud adoption, the requirements for cloud services are generally the same among institutions in the different countries. As such, a future global effort in creating a collective set of requirements for specific types of cloud services will enable NRENs to collectively negotiate with public providers, making sure that the term and conditions meet the institution requirements.

## La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones: una plataforma tecnológica al servicio de la comunidad académica

Álvaro de la Ossa Osegueda<sup>a</sup>, Carlos J. Barrios Hernández<sup>b</sup>, Dennis Cazar Ramírez<sup>c</sup>, Ulises Cortés García<sup>d</sup>, Adriano Galiano Díez<sup>e</sup>, Salma Jalife Villalón<sup>f</sup>, Philippe O.A. Navaux<sup>g</sup>, Alejandro Soba<sup>h</sup>, Rafael Mayo-Carcía<sup>i</sup>,

a Escuela de Ciencias de la Computación e Informática y Programa de Posgrado en Ciencias Cognoscitivas, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San José, Costa Rica  
alvaro.delaossa@ucr.ac.cr

b Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad Industrial de Santander, Cra. 27 calle 9. 577 Bucaramanga, Colombia,  
cbarrios@uis.edu.co

c Facultad de Ciencias, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n, 170157 Quito, Ecuador,  
dcazar@usfq.edu.ec

d Programas Académicos, BSC-CNS, Jordi Girona, 31, 08034 Barcelona, España,  
ia@cs.upc.edu

e Technology Solutions, Fujitsu, Camino del Cerro de los Gamos, 1, 28224 Pozuelo de Alarcón, España,  
adriano.galano@ts.fujitsu.com

f Internacionales, CUDI, Parral, 32, 06140 Ciudad de México, México,  
salmajalife@cudi.edu.mx

g Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, 91501-970 Porto Alegre, Brasil,  
navaux@inf.ufrgs.br

h Centro de Simulación Computacional, CONICET, Godoy Cruz 2390 C1425FQD Caba, Argentina,  
soba@cnea.gov.ar

i División TIC, CIEMAT, Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, España  
[rafael.mayo@ciemat.es](mailto:rafael.mayo@ciemat.es)

**Resumen.** La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) tiene como objetivo dotar a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC) a partir de computación en la nube. RICAP es un nuevo consorcio financiado por la CYTED que aúna a varios centros de computación latinoamericanos –algunos de ellos los más grandes en sus respectivos países–, varios proveedores de casos de uso en distintos ámbitos científico-tecnológicos, una de las compañías productoras de supercomputación más grandes del mundo y un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física. Esta Red desarrollará además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura de hardware e incentivará su uso gratuito mediante distintas acciones de divulgación y difusión que atraigan a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industriales en coordinación

con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional. Asimismo, promoverá la integración en la Red de nuevas infraestructuras en los países iberoamericanos que no estén inicialmente adscritos a la misma. Con todo ello, se pondrá a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo que sea una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región.

**Palabras Clave:** Red Iberoamericana; HPC; HTC; Supercomputación; Computación en la nube; Servicios avanzados.

**Eje temático:** Infraestructura y desarrollo de software – Servicios de Valor Agregado de redes académicas avanzadas – Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

## 1 Introducción

La Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones (RICAP) [1] se presenta para proveer a la región de un servicio avanzado de TIC; en concreto, de una infraestructura estratégica en el ámbito de la computación de altas prestaciones a partir de una arquitectura avanzada que comprenda tanto la computación de alto rendimiento (HPC) como de alta productividad (HTC) a partir de computación en la nube.

RICAP es un nuevo consorcio financiado por la CYTED que aúna a diferentes instituciones y cuya actividad ha empezado el 1 de enero de 2017 y se extenderá al menos hasta el 31 de diciembre de 2020. Entre sus socios iniciales se encuentran:

- Ocho centros de computación latinoamericanos: CSC-CONICET (Argentina); UFRGS (Brasil); SC3UIS-UIS (Colombia); UCR (Costa Rica); CIEMAT y BSC-CNS (España); y, CUDI y CINVESTAV (México);
- una de las compañías productoras de equipo para la supercomputación más grandes del mundo (FUJITSU)
- un consorcio latinoamericano experimental en el ámbito de la física (LAGO).

Esta Red desarrollará además distintas herramientas de software destinadas a facilitar el acceso y la eficiencia computacional de esta infraestructura hardware e incentivará su uso gratuito mediante distintas acciones de divulgación y difusión que atraigan a usuarios de distintas universidades y otros ámbitos científicos e industrial en coordinación con RedCLARA, de quien recibió su apoyo institucional. Asimismo, promoverá la integración en la Red de nuevas infraestructuras en los países iberoamericanos que no estén inicialmente adscritos a la misma.

Con todo ello, se pondrá a disposición de la comunidad una elevada potencia de cálculo, con el propósito de proveer una alternativa real a servicios propietarios radicados fuera de la región. Entre los objetivos específicos, se pueden enumerar:

- la interconexión efectiva de servicios abiertos de alto desempeño a partir de los clústeres aportados por RICAP (tanto de supercomputación como de acceso a la nube);
- la implementación y posterior fomento de soluciones para el acceso y la explotación de esta red basadas en software;
- el diseño y desarrollo de herramientas de código abierto que mejoren de forma desatendida y dinámica la eficiencia computacional de la infraestructura, en especial en un entorno como el de la nube;

- el fomento de la transferencia de conocimiento y el impacto de RICAP mediante la impartición de cursos y seminarios para administradores y usuarios finales con las últimas tecnologías en el ámbito HPC y HTC;
- la colaboración con otras iniciativas nacionales y regionales (RedCLARA, H2020 y otras).

Con la consecución de estos objetivos será posible la realización de nuevas actividades por distintos grupos latinoamericanos para quienes anteriormente era muy complicado realizar su trabajo en simulación o analítica de datos por carecer de la suficiente potencia de cálculo, por lo que RICAP aportará valor a la comunidad TICAL en varios de sus ejes fundamentales: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

## **2 Planes para Proveer un Servicio de Valor Agregado a las Redes Académicas Avanzadas**

Debido a la naturaleza de esta Red, se han de definir distintas metodologías relativas al acceso a la infraestructura estratégica aportada por RICAP, el desarrollo de nuevas soluciones que mejoren la explotación de la misma y las acciones de transferencia del conocimiento y de divulgación.

Con respecto a la primera, la metodología propuesta es similar a aquella que siguen grandes infraestructuras de computación tales como PRACE [2] en HPC o FedCloud [3] en HTC, en las cuales se federan distintos nodos que albergan clústeres de computación y capacidades de almacenamiento. Sin embargo, esta federación se hará de la manera más sencilla posible para así facilitar el acceso a los recursos a los usuarios finales.

El acceso a la infraestructura estratégica de RICAP se llevará a cabo mediante dos vías. Por un lado, se harán convocatorias online de propuestas para el uso de supercomputadores a partir de las cuales se asignarán por un comité designado por la Red las horas de CPU y/o aceleradores (GPU y Xeon Phi) y las capacidades de almacenamiento y transferencia de datos que se ponen a disposición del usuario (proveniente de cualquier país iberoamericano, no sólo aquellos que cuentan con un socio dentro de RICAP). El acceso se hará por `ssh` de forma directa a los supercomputadores con permisos habilitados por sus administradores.

Por el otro, se habilitará una infraestructura en la nube especialmente indicada para HTC a la cual se accederá por línea de comandos o también de forma amigable mediante una interfaz sencilla (tipo FutureGateway, desarrollada en INDIGO-DataCloud [4] con credenciales de Federaciones de Identidad nacionales (habiendo una Catch-all general igualmente). El motivo de emplear este método es ampliar el conjunto de recursos disponibles mediante la interoperabilidad con otras infraestructuras en la nube basadas en estándares OCCI tales como FedCloud, INDIGO-DataCloud y otras. El acceso a la infraestructura en la nube será continuo e ininterrumpido en el tiempo.

Debido a esta última circunstancia, es necesario disponer de soluciones de código abierto que mejoren la eficiencia computacional en entornos heterogéneos y

dinámicos. Por ello, RICAP desarrollará y aportará herramientas que maximicen esta eficiencia computacional a partir de aquellas que ya han sido previamente puestas en producción con éxito por los grupos de la Red [5-7].

En relación al entorno HPC, se utilizarán los desarrollos en tolerancia a fallos que mejoren igualmente el uso de supercomputadores y que también han sido probados convenientemente por los grupos de RICAP. Estas soluciones basadas en gestores y herramientas mayoritariamente empleados en el Top500 tales como gestores de recursos, librerías de puntos de chequeo y balanceo de carga, librerías de paso de mensajes, etc. serán transparentes al usuario final y están enfocadas a su explotación por parte de los administradores.

Todos estos desarrollos convergerán en herramientas que aúnen capacidades dinámicas de puntos de chequeo y tolerancia a fallos con gestores de trabajos en la nube sobre CPU y sobre aceleradores. También, con la gestión de contenedores en entornos virtualizados de HPC.

Tanto en el trabajo en los diferentes entornos HPC como en los referidos a la nube se elaborará una estadística de usuarios y modos de uso, así como una medición de tiempos de cómputo, herramientas utilizadas, y casos de éxito. Esta información será útil no solo en el diseño y puesta a punto de futuras aplicaciones administrativas, sino también en la mejora de las existentes en cada centro agregado.

## 2.1 Infraestructura

Para llevar a cabo toda esta metodología es imprescindible contar con la infraestructura estratégica de RICAP, la cual está conectada internamente por Infiniband y al exterior con fibra óptica por las redes académicas correspondientes asociadas a RedCLARA. Está compuesta por:

- BSC (Es): 48.896 procesadores Sandy Bridge en 3.056 nodos, incluyendo 84 Xeon Phi 5110P, con más de 115TB de memoria principal y 2PB de almacenamiento en disco GPFS
- CIEMAT (Es): 2 clústeres con 2.240 cores Intel y 456 cores Xeon Phi, 1 clúster de ~100.000 cores Nvidia, dos nodos cloud con ~950 cores CPU y más de 1 PB de almacenamiento.
- CINVESTAV (Mx): SGI ICE-XA (CPU) y SGI ICE-X (GPU) con 8.900 cores y un rendimiento Neto de 429 Tflops. Almacenamiento Tipo Lustre Seagate ClusterStor 9000 de 1 PB
- CSC-CONICET (Ar): Un clúster de 4.096 cores AMD Opteron y 16.384 cores Nvidia CUDA. Posee 8.192 GB de RAM y un espacio de 72TB de almacenamiento.
- CUDI (Mx): Servicio de CUDI de cómputo en la nube
- UCR (Cr): Varios clústeres con capacidad ~80 cores CPU, ~25.000 cores Nvidia y ~1450 cores Xeon Phi
- UFRGS (Br): Un clúster de 256 Núcleos con 19.968 núcleos CUDA
- UIS (Co): Un clúster de 24 nodos (2,4GHz y 16GB RAM) y un clúster con 128 NVIDIA FERMI Tesla (104 GB en RAM y 4 Procesadores Intel Haskwell)

Esta infraestructura ya en producción se federará gracias a RICAP y asegura la consecución de los objetivos planteados en esta propuesta y el acceso libre a la misma,

redundando en la calidad de vida y desarrollo de la sociedad iberoamericana y luchando contra la inequidad social. Hasta el momento, el acceso a grandes infraestructuras HPC y HTC era limitado a sólo algunos países de la región, por lo que se generará una nueva actividad en el sector con un enorme impacto.

No sólo eso, hay que tener en cuenta que RICAP está compuesta por empresas y proveedores de recursos (los 8 grupos antes listados), pero también por proveedores directos de casos de uso (BSC, CIEMAT, CINVESTAV, CSC-CONICET y sus instituciones asociadas, LAGO y UCR), que realizarán las pruebas iniciales de la infraestructura estratégica y que posteriormente acudirán a las convocatorias de acceso a recursos HPC o directamente usarán la nube de la Red. Todos los proveedores de recursos tienen una amplia experiencia en las tareas descritas en esta memoria tanto en la explotación y federación de infraestructuras de computación como en labores de I+D y junto al resto de grupos forman un consorcio equilibrado entre grupos consolidados y emergentes. Asimismo, tienen un amplio bagaje de participación en proyectos del 7º PM y de H2020 en el sector de las infraestructuras.

## 2.2 Breve resumen cronológico del plan de trabajo

A continuación se listan someramente las actividades e hitos que se prevén alcanzar a lo largo del período 2017-2020 y que se confía que sean de interés para los distintos grupos de usuarios que se encuentran en las universidades iberoamericanas y en otras entidades científicas y tecnológicas.

**Tabla 1.** Resumen de las actividades planeadas en RICAP.

2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Federación y puesta en producción de la infraestructura estratégica en su parte en la nube.</li> <li>- Diseño de la 1ª convocatoria de acceso a HPC e implementación del formulario web. Difusión y divulgación de la misma. Resolución de la primera convocatoria y ejecución de las propuestas ganadoras.</li> <li>- Integración en la infraestructura de nuevas soluciones diseñadas e implementadas por RICAP.</li> <li>- Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP.</li> </ul>
2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC.</li> <li>- Análisis y depuración de posibles errores derivados de la 1ª convocatoria HPC.</li> <li>- Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones</li> <li>- Ejecución completa de la segunda convocatoria HPC.</li> <li>- Implementación de nuevas soluciones que aúnen el</li> </ul>

	<p>uso de herramientas en la nube sobre plataformas con aceleradores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP</li> </ul>
2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC</li> <li>- Ejecución completa de la tercera y cuarta convocatorias HPC</li> <li>- Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones</li> <li>- Implementación de nuevas soluciones que aúnen el uso de herramientas en la nube con capacidades de tolerancia a fallos</li> <li>- Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP</li> </ul>
2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actualización y explotación de la infraestructura en nube y HPC</li> <li>- Ejecución completa de la quinta y sexta convocatorias HPC</li> <li>- Análisis de los resultados obtenidos por las nuevas soluciones</li> <li>- Implementación de nuevas soluciones de eficiencia computacional sobre contenedores virtualizados</li> <li>- Acciones de transferencia de conocimiento y de difusión de RICAP</li> </ul>

Cabe reseñar que la Red se gestionará mediante un Comité Ejecutivo que se reunirá remotamente una vez al mes y que estará formado por un representante de cada grupo de RICAP. Además, se celebrará una reunión presencial anual. Este Comité Ejecutivo nombrará a los expertos que evalúen las solicitudes de acceso a recursos HPC.

### 3 Resultados esperados

A lo largo de los cuatro años de existencia iniciales que va a tener RICAP, se espera poder alcanzar distintos hitos y resultados que mejoren distintos aspectos científico-tecnológicos y sociales.

#### 3.1 Beneficios y repercusión prevista para Latinoamérica

Infraestructuras estratégicas tales como PRACE y EGI (FedCloud) en Europa o la Red Española de Supercomputación [8] en España han tenido un enorme éxito y un notable impacto en la comunidad científica de sus regiones de influencia, posibilitando el acceso a grandes instalaciones de computación a cualquier investigador o grupo con una necesidad de servicios computacionales siempre y

cuando presentara un proyecto de calidad, interés y tecnológicamente viable dentro de las capacidades ofertadas.

Por ello, se puede asegurar que los beneficios y la repercusión que RICAP tenga en Latinoamérica no han de ser menor. Más al contrario, en términos sociales será aún mayor pues pondrá a disposición de investigadores y grupos una capacidad de cómputo que en sus países puede ser prácticamente imposible concretar. Algunos de los países que participan en RICAP disponen de instalaciones de supercomputación de primer orden mundial, pero no así algunos otros de Latinoamérica que gracias a la posibilidad que les ofrece RICAP podrán disfrutar gratuitamente de esta capacidad de cómputo.

Más aún, RICAP está abierta a todos los ámbitos científicos y sociales y a ella podrán acudir en igualdad de condiciones usuarios de cualquier país iberoamericano. Por ello, ofrece una clara apuesta por la equidad social. También, como se ha indicado anteriormente, se articulará un mecanismo para que más instituciones latinoamericanas puedan integrarse dentro de las actividades de la Red Temática.

No obstante, se han pre-identificado algunos usuarios que ya podrán hacer uso de las capacidades de RICAP desde el primer momento. A partir de la experiencia de alguno de sus socios fundadores, tales como los grupos del BSC, CIEMAT, CINVESTAV, CSC-CONICET (y sus instituciones asociadas como la CNEA o la UBA) y LAGO, se realizarán labores de pruebas en ámbitos como la energía eólica, física médica, seguridad nuclear y radiológica, física de plasmas, geofísica, contaminación atmosférica, diseño de redes de radares y comunicación inalámbrica, etc. y posteriormente acudirán a las convocatorias de HPC y al acceso continuo a la nube.

También es reseñable la participación en la Red del consorcio latinoamericano LAGO, que tiene un Grupo de Trabajo especializado en simulación que asegura el uso de la red HTC para estudios de rayos cósmicos y su efecto en la salud de las tripulaciones y viajeros aéreos y que optará igualmente a las horas de cómputo HPC en concurrencia competitiva.

Gracias a las capacidades y soluciones aportadas por RICAP, todas estas comunidades tendrán la posibilidad de abordar la solución de problemas más ambiciosos y complejos, los cuales no podían ser planteados por algunos investigadores latinoamericanos sin esta Red.

### **3.2 Capacitación**

RICAP cuenta entre sus miembros con el BSC, uno de los socios Tier-0 de PRACE. Dentro de las actividades de este gran consorcio europeo, existe una variedad muy amplia de cursos organizados por sus equipos [9], los cuales podrán ampliarse a Latinoamérica con fondos del propio consorcio PRACE. Las jornadas teórico-prácticas de 1 ó 2 días que surgen de esta colaboración con PRACE servirán de capacitación para personal desarrollando su labor en el ámbito HPC/HTC para así incrementar su empleabilidad, contarán igualmente con seminarios dentro del programa académico directamente enfocados al uso de la red estratégica proporcionada por RICAP y se organizarán conjuntamente con eventos y conferencias celebradas en Latinoamérica. Eventos de interés para este propósito son las futuras ediciones de TICAL [10], CARLA [11], ISUM [12], etc.

Para estas jornadas y otras, se colaborará con RedCLARA para que las mismas se integren dentro de su programa de Encuentros temáticos de la Comunidad TICAL de difusión por *streaming*, de tal forma que el impacto sea aún mayor y así personas que no están asistiendo presencialmente al curso puedan seguirlo localmente.

Ejemplos de cursos que se impartirán dentro de las actividades de RICAP son:

- Acceso y utilización de los recursos computacionales proporcionados por RICAP
- Nociones básicas sobre administración de clústeres de computación de alto desempeño
- Hands-on Introduction to HPC (PRACE)
- Message-Passing Programming with MPI (PRACE)
- Intel MIC and GPU programming (PRACE)
- Metodologías para la ejecución eficiente de tareas en entornos HPC y HTC
- Performance analysis and tools (PRACE)
- Escuela intensiva de HPC-CSC

Como se puede ver por el listado anterior, esta formación en recursos humanos está ideada para que abarque y sea provechosa para distintos niveles académicos.

Otro punto importante a destacar es que los cursos y seminarios que se impartan dentro de RICAP serán promocionados por las entidades académicas de la Red dentro de sus cursos de Grado y Máster para que los alumnos puedan asistir a ellas, no sólo en las Facultades de Informática, sino también en otras donde sean de aplicabilidad los conocimientos de la Red (Ciencias, Ingenierías, Estadística, etc.). LAGO tiene además un programa propio de capacitación de recursos humanos en el que se promocionarán las actividades docentes de RICAP.

Todo el material didáctico que se genere (presentaciones, ejercicios, vídeos en los que se graba el curso) se colgará en la página web de la Red y estará disponible permanentemente de forma gratuita.

### **3.3 Papel que juega RedCLARA y TICAL**

Como se ha mencionado anteriormente, la labor a ser desarrollada por RICAP casa perfectamente con algunos de los ejes temáticos definidos por RedCLARA y su comunidad TICAL. En concreto: Infraestructura y desarrollo de software, Servicios de valor agregado de redes académicas avanzadas y Soluciones TIC de apoyo a la investigación.

Prueba de ello es el apoyo que la propia RedCLARA aportó a la propuesta de RICAP a la CYTED y que comprendía varios aspectos e intereses comunes. Así, la creación de una infraestructura estratégica de cómputo HPC y HTC en Latinoamérica se basa en la infraestructura de redes nacionales de educación e investigación que ofrece RedCLARA y del mismo modo, a RedCLARA le resulta de interés que su red de fibra óptica regional sea utilizada plenamente.

Con este fin, RedCLARA y RICAP colaborarán en la divulgación y difusión de las actividades de esta última dentro de la comunidad de RedCLARA anunciando su capacidad de cómputo y promoviendo las convocatorias de acceso a la infraestructura computacional. Asimismo, promoverá que las actividades de capacitación de la Red Temática se extiendan a la comunidad de CLARA a través de los Encuentros

Temáticos de TICAL y los Días Virtuales organizados por la Coordinación de Comunidades de RedCLARA.

La actividad de la Comunidades de Ciencia y Tecnología es prioritaria para RedCLARA, siendo el foco de recientes proyectos, como OCTOPUS [13], ELCIRA [14] y MAGIC [15] que han contribuido fuertemente a la construcción de herramientas que apoyan a los proyectos colaborativos como SCALAC (Servicios de Computación Avanzada para Latinoamérica y el Caribe). Estas herramientas, disponibles en la plataforma en línea Colaboratorio, serán un aporte a las actividades de RICAP.

## 4 Conclusiones

Gracias a RICAP se podrán generar multitud de nuevas actividades en distintos ámbitos científicos y sociales de la sociedad latinoamericana dado que se va a poner a su disposición de manera gratuita una enorme cantidad de recursos computacionales. Esto es así porque en la actualidad, la computación está enormemente integrada en la generación de conocimiento en entornos científicos, sociales y de ingeniería, tanto en el ámbito público como en el privado. Además, el acceso a la infraestructura será directo (nube) o por concurrencia competitiva (HPC) en la que primará el interés científico, por lo que usuarios finales sin acceso local a entornos HPC y HTC podrán a partir de ahora realizar sus trabajos gracias a RICAP, lo que mejorará la igualdad social.

La originalidad de la nueva Red radica en que este acceso regional no es una realidad en Latinoamérica en su conjunto, sino sólo a nivel nacional en algunos países, por lo que supone un tremendo avance para la comunidad científica de cualquier ámbito en la región.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Red Temática 517RT0529 RICAP (Red Iberoamericana de Computación de Altas Prestaciones) del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

## Referencias

1. RICAP, disponible en <http://www.ricap.org>
2. PRACE, disponible en <http://www.prace-ri.eu/>
3. EGI FedCloud, disponible en <https://www.egi.eu/infrastructure/cloud/>
4. INDIGO-DataCloud, disponible en <https://www.indigo-datacloud.eu/>
5. M. Rodríguez-Pascual, I.M. Llorente, R. Mayo-García. "Montera: a framework for efficient execution of Monte Carlo codes on Grid infrastructures". *Computing and Informatics* 32, 113-144 (2013)

6. A.J. Rubio-Montero, E. Huedo, F. Castejón, R. Mayo-García. "GWPilot: Enabling multi-level scheduling in distributed infrastructures with GridWay and pilot jobs". *Future Generation Computer Systems* 45, 25-52 (2015).
7. A.J. Rubio-Montero, E. Huedo, R. Mayo-García. "User-Guided Provisioning in Federated Clouds for Distributed Calculations". *LNCS 9438*, 60-77 (2015)
8. RES, disponible en <https://www.bsc.es/marenostrum-support-services/res>
9. PRACE training, disponible en [http://www.training.prace-ri.eu/nc/training\\_courses/index.html](http://www.training.prace-ri.eu/nc/training_courses/index.html)
10. TICAL, disponible en <http://tical.redclara.net/>
11. CARLA, disponible en <http://www.ccarla.org/>
12. ISUM, disponible en <http://www.isum.mx/>
13. Open Collaboration TOolkit Provisioning for Key Challenge USer Communities (OCTOPUS)
14. ELCIRA, disponible en <http://www.elcira.eu/>
15. MAGIC, disponible en <http://www.magic-project.eu/>

## Gestão e Operação do Serviço de Conferência Web em um cenário de restrição orçamentária

Rodrigo Azevedo<sup>1</sup>, Alex Galhano Robertson<sup>1</sup>, Alberto Viana<sup>1</sup>, Hélder Vitorino<sup>2</sup>

1RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

2RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa. Brasília, DF, Brasil.

rodrigo.azevedo@rnp.br, alex.galhano@rnp.br, alberto.viana@rnp.br, helder.vitorino@rnp.br

**Resumo.** O objetivo principal deste artigo é descrever o modelo de gestão do serviço de conferência web da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), desenvolvido com base nas melhores práticas de gestão de Serviço de TI. Aqui é detalhada a estratégia usada para gerir, operar, evoluir e expandir a plataforma Mconf, com pouco ou nenhum investimento financeiro para aquisição de equipamentos ou contratação de pessoal, apoiado na arquitetura escalável do produto e nas parcerias com instituições que possuem recursos computacionais ociosos. O modelo de entrega de serviço é baseado em co-sourcing. Adicionalmente, este artigo aborda vantagens, desvantagens e desafios dessa metodologia.

**Palavras-Chave:** Conferência Web, Gestão de Serviço de TI

### 1 Introdução

O Mconf é a nova plataforma do serviço de conferência web da RNP. É um serviço de comunicação e colaboração da RNP que promove encontros virtuais entre dois ou mais participantes. O serviço possibilita que, mesmo distantes geograficamente, os participantes compartilhem áudio, vídeo, texto, imagens, quadro branco e a tela de seus computadores. O acesso ao serviço é feito através de um navegador web e a comunicação de áudio e vídeo se dá através de *webcam* e *headset* (fone de ouvido e microfone) conectados ao computador do usuário. O serviço é voltado para as instituições que precisam realizar trabalhos colaborativos e as possibilidades de uso do serviço são diversas. Vão de simples reuniões, defesas de teses e dissertações até aulas de ensino a distância [1].

Baseado no BigBlueButton, um produto Open Source, a concepção de uma versão voltada para substituir um produto comercial dentro da RNP, surgiu em 2010 no laboratório PRAV (Projetos em Áudio e Vídeo) da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Em 2011 e 2012 o Mconf seguiu um período de evolução, tornando-se serviço experimental em 2013. Em 2015 a RNP colocou o Mconf em produção, passando a adotá-lo como ferramenta exclusiva para conferência web internamente. Neste momento, mais de 70 instituições usam o serviço, com uma base de mais de 3.500 usuários, totalizando mais de 32.000h de conferência web, contados desde a época do serviço experimental. Desta iniciativa nasceu uma empresa, Mconf

Tecnologia, que presta suporte especializado ao serviço, sendo a única empresa autorizada pela RNP e UFRGS a comercializar o produto [2].

O Mconf possui as seguintes funcionalidades:

- Acesso federado pela CAFe (Comunidade Acadêmica Federada)<sup>113</sup>
- Compartilhamento de voz
- Compartilhamento de vídeo
- Compartilhamento de apresentações
- Compartilhamento de tela
- Colaboração com quadro branco
- Colaboração com bate-papo público e privado
- Gravação das sessões conferência web
- Número ilimitado de salas de conferência web
- Comunidades
- Enquetes

A comunidade é umas das principais funcionalidades do serviço. Quando uma comunidade é criada, automaticamente uma sala de conferência web é associada a ela. O cliente pode criar várias comunidades e, portanto, pode ter várias salas. A comunidade tem o intuito de agregar um grupo de usuários com um objetivo em comum. Pode ser um conjunto de colaboradores em um projeto, ideia ou trabalho específico. Estes colaboradores podem pertencer a mesma instituição ou a instituições distintas. As comunidades suportam a troca de documentos, mensagens e informações entre seus membros.

Faz algum tempo que o país tem enfrentado um cenário crescente de restrições orçamentárias. As instituições brasileiras de ensino têm, cada vez mais, se apoiado em tecnologias de comunicação e colaboração para realizar seu trabalho, economizando em viagens e deslocamentos de pessoas. E esta necessidade aumenta cada vez mais, forçando a expansão do serviço. O maior desafio da equipe de gestão é planejar uma infraestrutura adequada para atender à crescente demanda e manter a qualidade. Investir em uma expansão da capacidade computacional dentro da RNP para atender a todos os clientes a nível nacional é financeiramente inviável. A partir desta premissa elaboramos uma estratégia de parceria entre a RNP e instituições que desejam uma oferta diferenciada do serviço de conferência web. Usamos um modelo de entrega

---

<sup>113</sup> A CAFe, Comunidade Acadêmica Federada, é um serviço de gestão de identidade (GID) oferecido pela RNP, que reúne instituições de ensino e pesquisa brasileiras.

baseado em *co-sourcing*, onde são usados recursos (pessoas, equipamentos e procedimentos) internos e externos, trabalhando em conjunto em determinadas atividades-chave do ciclo de vida do serviço. A principal vantagem deste modelo é mantermos o controle das entregas, mantendo o foco da especialização de cada provedor de serviço, interno ou externo. Este modelo traz como desvantagem uma ampliação da complexidade da gestão e operação, pois torna-se necessário gerir um Contrato de Apoio com cada provedor externo que venha a estabelecer uma parceria.

## 2 Arquitetura do produto

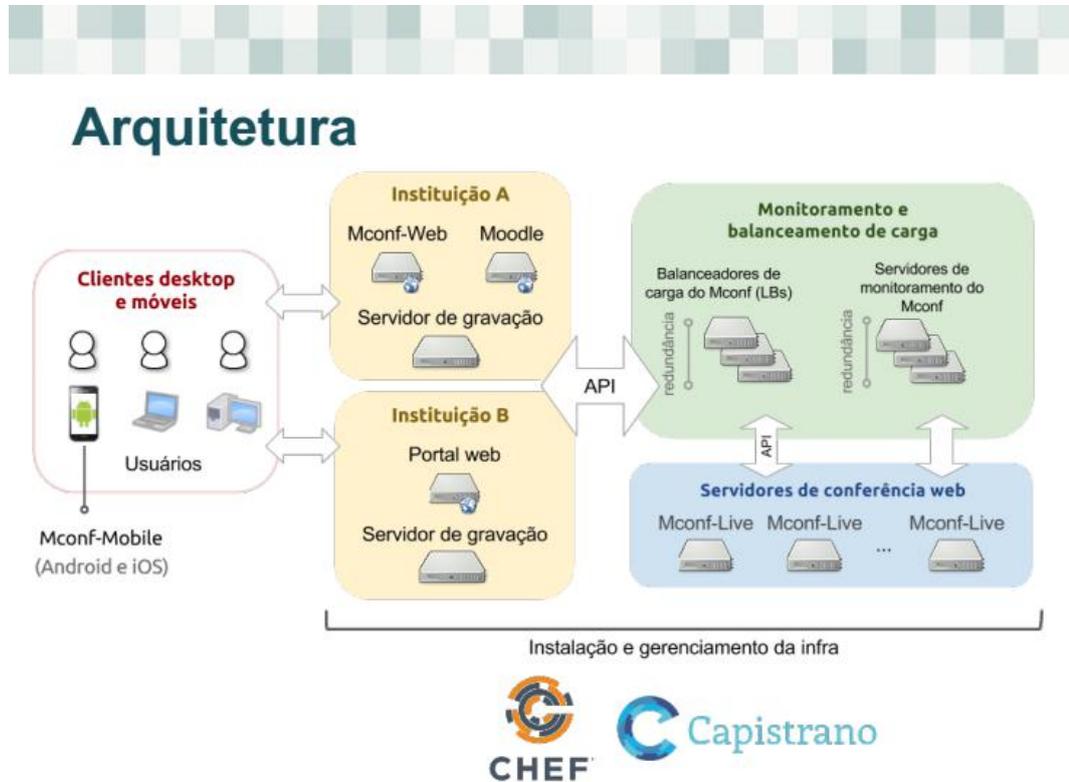
O Mconf foi projetado para ser distribuído e escalável. Há servidores distribuídos entre dois centros de dados e seis pontos de presença (POPs) da RNP. Cada um dos seis POPs possui pelo menos um servidor responsável pela instanciação das salas virtuais. O *core* do serviço está localizado no centro de dados de Brasília.

A plataforma Mconf é possui os seguintes componentes:

Nome	Descrição
Portal web (mconf-web)	Tem como principal responsabilidade hospedar o portal Web, que é a porta de entrada para as salas de conferências web do Mconf.
Sala de conferência (mconf-live)	É o sistema que realiza a comunicação em tempo real entre usuários em salas de webconferência. É ele quem suporta todas as ações executadas dentro de uma sessão de webconferência, desde a abertura da sala, entrada de usuários e convidados, transmissão de áudio e vídeo, utilização dos recursos de colaboração e etc., até o encerramento da sala. As salas virtuais são instanciadas neste elemento.
Balancedor de Carga (mconf-lb)	O servidor de balanceamento de carga é o responsável por decidir em qual servidor mconf-live uma nova reunião deve ser instanciada, de acordo com as regras pré-definidas.
Servidor de gravação (mconf-rec)	O servidor de gravação é o equipamento responsável por manter as sessões de webconferência gravadas dentro do sistema Mconf. Armazena e serve os diferentes fluxos de mídia e realiza as transcódificações necessárias.

**Tabela 1 - Componentes da plataforma Mconf**

O diagrama abaixo detalha tecnicamente a arquitetura do produto.



**Figura 1 - Arquitetura macro da plataforma Mconf**

Esta natureza distribuída e não monolítica viabilizou o estabelecimento de parcerias para ampliar a oferta do serviço, onde instituições clientes tornam-se provedores de serviço e atuam, de fato, como colaboradores, em conjunto com a RNP na entrega e sustentação do serviço.

Uma das características do algoritmo de balanceamento de carga que distribui as salas de conferência web entre os diversos servidores disponíveis é priorização pela localização geográfica de quem está abrindo a sala. Isso permite diminuir a latência entre clientes e servidor, melhorando sensivelmente a experiência de uso das reuniões. Dessa forma, reuniões com vários participantes de uma instituição que abriga um servidor Mconf-live, tendem a ser instanciadas no servidor instalado nessa mesma instituição.



Figura 2 - Balanceador de carga de salas virtuais do Mconf

### 3 Arquitetura do serviço

Todo ciclo de vida do serviço e do produto é de responsabilidade da RNP, bem como os processos de gestão, atendimento e operação. Diversas equipes, de diferentes diretorias, além de parceiros externos, atuam em conjunto para garantir a oferta e a sustentação do serviço para os clientes da RNP. A figura 3 ilustra o relacionamento entre as diferentes equipes.

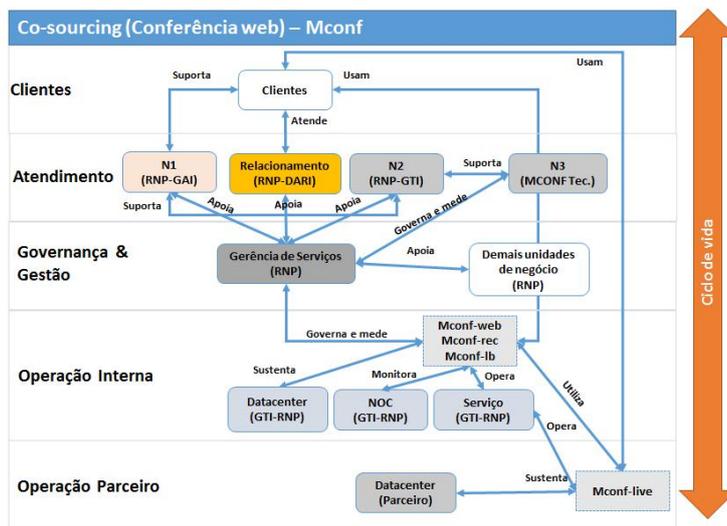


Figura 3 - Diagrama de operação e gestão do serviço ( Fonte : Próprio autor )

Os clientes possuem um ponto único de contato para atendimento e suporte do serviço, com diversos canais de atendimento, cuja gestão é da Gerência de Atendimento Integrado (GAI), onde o escopo de atuação é o primeiro atendimento (N1).

Os procedimentos de atendimento são documentados na wiki da RNP. O segundo nível de atendimento (N2) é de responsabilidade da Gerência de TI (GTI) da RNP. O terceiro nível de atendimento (N3) trata-se de um atendimento especializado e fornecido por uma empresa parceira, a Mconf Tecnologia.

A GTI também opera os dois centros de dados que sustentam parte dos servidores que hospedam os serviços. A Gestão e Governança do serviço fica sob a responsabilidade da Gerência de Serviços (GSER) da RNP, o que inclui o desenho e modelagem de processos para atendimento ao cliente, Gestão de Demandas, Gestão dos Contratos com Parceiros e Gestão do Roadmap de desenvolvimento do produto.

#### **4 Cenário atual**

A oferta padrão do serviço consiste em fornecer, para cada instituição cliente, 30 contas de usuário e 10 Gbytes de armazenamento de gravação. Os administradores institucionais controlam estes recursos, habilitando ou desabilitando contas de usuários e removendo gravações para liberar cota.

Este modelo de oferta pode ser insuficiente, não atendendo as necessidades de muitos clientes. Para que possamos atendê-los, mantendo a qualidade do serviço, sem comprometer o orçamento financeiro, elaboramos uma estratégia de parcerias para criar um tipo de nuvem pública comunitária nacional de servidores mconf-live para os clientes da RNP que tem interesse na ampliação do uso do serviço.

A expansão do serviço visa atender os clientes que possuem uma demanda maior de uso. Neste caso, a instituição deve contribuir com recursos computacionais para sustentar servidores mconf-live. A estratégia consiste em fornecer uma quantidade maior de contas de usuários em troca dos recursos computacionais e infraestrutura para ampliação do serviço.



**Figura 4 - Diagrama de estratégia de entrega do serviço ( Fonte : Próprio autor )**

O processo começa com uma solicitação ao Service Desk da RNP. A Gerência de Serviços executa uma análise da demanda e, constatada a viabilidade, inicia-se um projeto de implantação dentro da instituição. O provisionamento da infraestrutura é de responsabilidade do cliente. A Gerência de TI instala o mconf-live nos servidores da instituição e a Gerência de Serviços coordena o projeto.

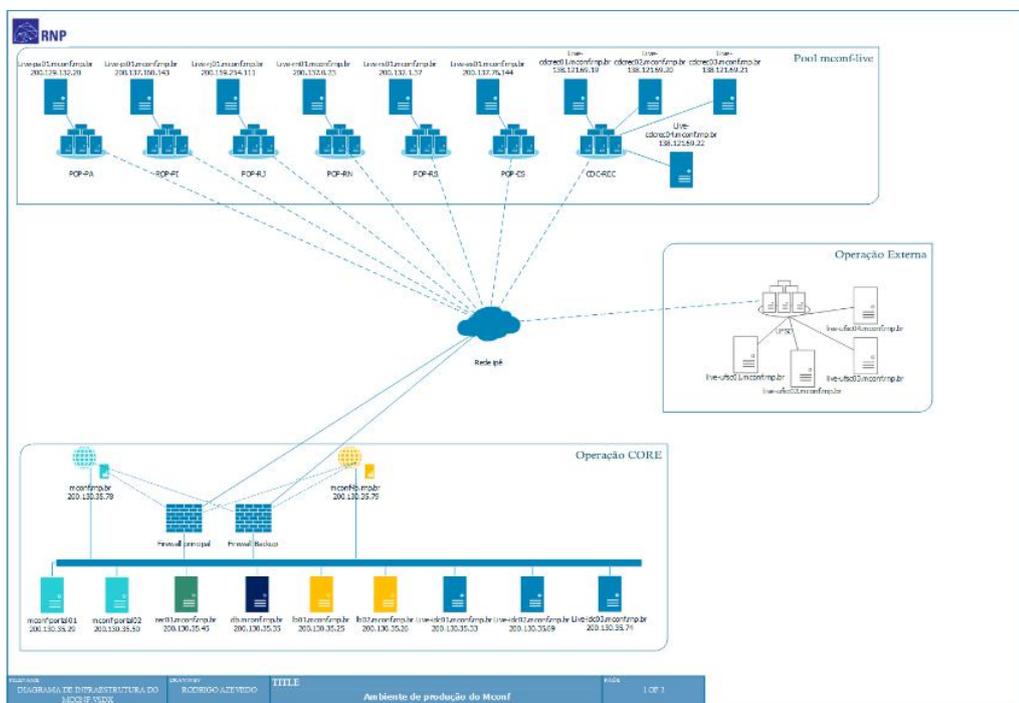
A parceria é formalizada por um Acordo de Cooperação Técnica entre a RNP e a instituição cliente, que funciona como um Contrato de Apoio, onde são definidos os requisitos técnicos e de negócio, os objetos do contrato, o escopo de atuação de cada equipe envolvida na entrega do serviço e algumas métricas de qualidade e nível de serviço. Este acordo é assinado pelos dirigentes máximo de ambas instituições.



**Figura 5 - Fluxo de adesão para as instituições parceiras ( Fonte : Próprio autor )**

Um caso de uso é da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A demanda consistiu em liberar 1.000 contas de usuário ao invés das 30 contas da oferta padrão. O planejamento do atendimento da demanda baseou-se no pico de utilização do

serviço, que em média histórica, está em torno de 10% do total de usuários cadastrados. Neste caso planejamos uma demanda de 100 usuários simultâneos em um pico de utilização. Cada servidor mconf-live suporta, com qualidade, cinquenta usuários simultâneos, neste caso seriam necessários dois servidores virtuais para atende-los. Acrescentamos mais um servidor de contingência e outro para reforçar a nuvem de servidores mconf-live para todos os clientes do serviço. É importante salientar que estes servidores não são de uso exclusivo da instituição, outras clientes, de outras instituições podem abrir uma sala de conferência web em um destes servidores. O contrário também ocorre, quando os usuários da UFSC abrem salas de conferência web em servidores hospedados por outras instituições. Desta forma para 1.000 usuários da instituição colaboradora, são instalados 4 servidores mconf-live.



**Figura 6 - Diagrama de infraestrutura do Core e ativos do Serviço ( Fonte : Próprio autor )**

## 5 Resultado

O modelo de operação, distribuído e colaborativo, exposto neste artigo foi a solução encontrada para atender à crescente demanda pelo serviço de conferência web de grandes instituições de ensino no Brasil e que necessitam de um modelo de oferta diferenciada. Estas instituições oferecem recursos computacionais e infraestrutura, e passam a participar da entrega do serviço de conferência web da RNP, hospedando servidores da plataforma Mconf.

Simultaneamente, as instituições colaboradoras:

- 1) Atendem à sua demanda particular;
- 2) Ganham em qualidade e melhoram a experiência de uso (pois os servidores estão dentro de suas instituições);
- 3) Ajudam a melhorar a resiliência do serviço (adicionando servidores de backup) e;
- 4) Ajudam a ampliar a oferta do serviço para outros clientes.

Além disso, o custo para alcançar esses resultados foi o equivalente à disponibilização de 4 máquinas virtuais, ou seja, irrisório para qualquer grande universidade. Ao adotar este modelo a instituição não precisa investir financeiramente em CAPEX, seu time de TIC não precisa aprender uma nova tecnologia e a expansão do serviço é rápida.

Como principais benefícios da estratégia exposta neste artigo, destacam-se:

- A construção de uma nuvem comunitária nacional de servidores mconf-live, acessível para qualquer cliente do serviço;
- A ampliação escalável dos recursos computacionais, servidores mconf-live, que sustentam as salas virtuais;
- O reforço da resiliência do serviço, que passa a contar com mais servidores de contingência;
- O atendimento às demandas pontuais de clientes que exigem uma oferta diferenciada;
- Custo zero da RNP com o investimento em CAPEX;
- Custo próximo de zero da instituição colaboradora com o investimento em CAPEX;
- Reforça o uso inovador da rede, aproveitando a capilaridade da RNP;
- Fortalece o relacionamento inter-institucional;

- Mantém o foco de cada equipe participante em sua especialidade: a RNP responsável pela operação do *core* do serviço e pelo atendimento e a instituição responsável pela infraestrutura.

Dentre os principais desafios, destacam-se:

- Aumento na complexidade da gestão e operação do serviço, proporcional a quantidade de provedores externos participando da entrega;
- Manter a clareza na comunicação entre as equipes, desde a formalização dos termos do acordo de cooperação até as eventuais conversas para resolução de problemas pontuais; Resistência do time de segurança das instituições em conceder acesso administrativo através do ssh;
- Demora na assinatura dos Acordos de Cooperação técnica aumentam significativamente o cronograma do projeto de implantação;
- Existência de um risco (de baixa probabilidade) de uma instituição possuir um perfil de uso maior que a média, exigindo uma demanda de usuários simultâneos além da capacidade normalmente dimensionada, 10% da quantidade total de contas.

## 6 Considerações finais

Este artigo apresentou um resumo do modelo de gestão e operação do serviço de conferência web da RNP e a estratégia que está possibilitando expandir o uso do serviço sem a necessidade de grandes aportes financeiros, apoiado por tecnologia nacional desenvolvida e financiada pela RNP.

A arquitetura do produto permite operar o serviço, de forma distribuída e escalável pelo fato do balanceador de carga distribuir as reuniões em um conjunto de servidores mconf-live. O Acordo de Cooperação funciona como um Contrato de Apoio entre a RNP e as instituições parceiras, onde são definidos os objetos do contrato, escopo de atuação de cada equipe e métricas de qualidade referente a sustentação do serviço.

A estratégia de atuação conjunta entre RNP e Universidades trouxe grandes benefícios como aumento da oferta do serviço, maior robustez e sensível melhora da experiência de uso, tudo isso a um custo irrisório.

O modelo de entrega baseado em co-sourcing traz junto com seus benefícios um aumento na complexidade da gestão do serviço, exigindo um acompanhamento mais cuidadoso para garantir que as métricas de qualidade dos múltiplos provedores de serviço se mantenham dentro dos valores acordados. Para isso se faz necessário garantir uma comunicação clara entre as equipes participantes.

## Referências

- 1 Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, “Conferência Web,” 01 03 2017. [Online]. Available: <https://www.rnp.br/servicos/servicos-avancados/conferencia-web>.
- 2 Mconf Tecnologia, “The Mconf project,” [Online]. Available: <https://mconfsa.files.wordpress.com/2015/07/launch-of-mconf-at-sa-nren.pdf>.
- 3 Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, [Online]. Available: <http://www1.rnp.br/pd/gts2011-2012/GT-Mconf2.html>.



## Índice Autores

Javier Sebastian Apat <sup>1</sup> .....	15
José Tulio Nel Benavides Peñaa, Gean Marco López Palaciob, Diana Marcela Rodríguez Toro <sup>c</sup> .....	27
Jorge Lozoya Arandia <sup>1</sup> , Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León <sup>2</sup> , José Guadalupe Morales Montelongo <sup>3</sup> .....	45
Julián Dunayevich <sup>a</sup> , Mariela Celeste Rocha <sup>b</sup> , Mariano Absatz <sup>a</sup> , Gabriela Ramirez <sup>a</sup> , Milena Parra <sup>a</sup> .....	57
Cristina González, Mariela De León,.....	77
Guillermo Calleja <sup>1</sup> , Roberto Cutuli <sup>2</sup> .....	95
Emmanuel Gomes Sanches, Paulo Maurício Júnior.....	113
José Luis Rodríguez Valdez.....	129
Daniel López, Edgar Mayab.....	149
José Valverde Cerdas, Luis Loría Chavarría.....	161
Rubén Darío Aybar <sup>a,1</sup> , Alex Fernando Flores <sup>a,2</sup> , Lilén Rocío Gordillo <sup>a,3</sup> , Ana Paula Vidal <sup>a,4</sup> .....	177
Erick Núñez Navarrete <sup>a</sup> , Darío Ríos Navarro <sup>b</sup> .....	199
Lucas Mellos Carlos <sup>a</sup> , João Paulo Cardoso de Lima <sup>a</sup> , José Pedro Scharodosim Simão <sup>a</sup> , Juarez Bento da Silva <sup>a</sup> , Simone Meinster Sommer Bilessimo <sup>a</sup> .....	215
Deiner Restrepo Duran <sup>a1</sup> , Libardo Cuello Segundo <sup>a2</sup> , Leidys Contreras Chinchilla <sup>a3</sup> ,231	
Rodrigo Saraguro-Bravo <sup>1</sup> , Jennifer Samaniego <sup>2</sup> , Ricardo Blacio Maldonado <sup>3</sup> .....	249
Kuriko Kudo <sup>1</sup> , PhD, Shunta Tomimatsu <sup>1</sup> , MS, Tomohiko Moriyama <sup>1</sup> , MD, PhD, Miguel A. Tanimoto <sup>2</sup> , MD, Salma Leticia Jalife Villalón <sup>3</sup> , MS, Shuji Shimizu <sup>1</sup> , MD, PhD.....	267
Daniel Jaramillo-Morillo , Mario Solarte, Gustavo Ramírez González,.....	277
Jesús Rafael Ramírez Otero, <sup>a</sup> Sarakarina Solano Galindo, <sup>b</sup> .....	297
Thiago Stein Motta, Daniel Del Sent Soares.....	311
Lisset Alexandra Neyra, María Paula Espinoza, María Patricia Samaniego.....	321
Xiomara Céspedes Jiménez, Luis Loría Chavarría.....	343
Jackeline Andrea Macías Urrego <sup>a</sup> , Frank Euler Sepúlveda Vélez <sup>b</sup> .....	365
Paula Mercedes Alvarez Carrión, Jorge Eduardo Guamán Jaramillo, Carlos Gabriel Córdova Erreis.....	375
Felipe de Jesús Orozco Luna <sup>1</sup> .....	393
Diego Ormaza De Paul <sup>a,1</sup> , Sandra Barrios <sup>a,2</sup> , Eloy Fernandez Severini <sup>a,3</sup> .....	403
Carmen Rojas Muñoz <sup>a</sup> , Víctor Saquicela Galarza <sup>b</sup> .....	417

Gabriela Bucceri <sup>a,1</sup> , Gustavo Hernán Schneider <sup>a,2</sup> , Gonzalo López <sup>a,3</sup> , María Laura Buccolo <sup>a,4</sup> , Federico Bertani <sup>a,5</sup> ,.....	437
Ma. José Torres bc, Andrés de los Reyes <sup>c</sup> , Luis Espinoza <sup>c</sup> , Víctor Saquicela <sup>a</sup> .....	461
Adrián Alvarado Ramírez <sup>a</sup> , Sergio Daniel Blanco Zeledón <sup>b</sup> .....	473
Italo Valcy S. Brito <sup>a</sup> , Yuri Alexandro <sup>b</sup> .....	489
Michel Wets, Harold Teunissen.....	513
Álvaro de la Ossa Osegueda <sup>a</sup> , Carlos J. Barrios Hernández <sup>b</sup> , Dennis Cazar Ramírez <sup>c</sup> , Ulises Cortés García <sup>d</sup> , Adriano Galiano Díez <sup>c</sup> , Salma Jalife Villalón <sup>f</sup> , Philippe O.A. Navaux <sup>g</sup> , Alejandro Soba <sup>h</sup> , Rafael Mayo-Carcía <sup>i</sup> ,.....	525
Rodrigo Azevedo <sup>1</sup> , Alex Galhano Robertson <sup>1</sup> , Alberto Viana <sup>1</sup> , Hélder Vitorino <sup>2</sup> ....	535

Organizan | Organizadores | Organizers



<http://tical2017.redclara.net/>

