

*Repensando la universidad impulsada por las tecnologías digitales*



e.ciencia  
Encuentro Latinoamericano

# LIBRO DE ACTAS TICAL2021

Y 5º ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE E-CIENCIA

# **ACTAS**

**Undécima Conferencia de Directores de  
Tecnología de Información y Comunicación  
en Instituciones de Educación Superior,  
TICAL2021**

**y**

**5° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia  
“Repensando La Universidad Impulsada por  
las Tecnologías Digitales”**

**En-Línea – 30 de agosto - 2 de septiembre,  
2021**

Comité de Programa:

Fabián Castillo Peña, Docente de Ingeniería,  
Universidad Libre, Colombia

Alonso Castro Mattei, Profesor e Investigador en  
tecnología en la Universidad de Costa Rica y la  
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Ernesto Chinkes, Consultor Internacional TIC y  
Profesor de la Universidad de Buenos Aires, Argentina

Leandro Guimarães, Director Adjunto Escuela Superior  
de Redes, RNP, Brasil

Luis Andrés Moya Baeza, Director del Centro de  
Informática y Computación de la Universidad de La  
Serena, Chile

Luis Alberto Núñez, Profesor Titular, Escuela de Física  
de la Universidad Industrial de Santander,  
Bucaramanga, Colombia

Víctor Saquicela Galarza, Docente e investigador,  
Universidad de Cuenca, Ecuador

Marco Antonio To, Director Laboratorio de  
Investigación en TIC's, Universidad Galileo,  
Guatemala

Miguel Ángel Walle Vázquez, Asesor Tecnológico de  
la Dirección de TI, Universidad Autónoma de  
Tamaulipas, México

Compiladora, coordinadora general de la publicación:  
Tania Altamirano López, RedCLARA.

Edición y diseño: María José López Pourailly,  
RedCLARA.

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

Fecha en que se terminó la presente edición:

15-11-2021

ISBN: 978-956-9390-17-3

Copyright de la presente edición:

Undécima Conferencia de Directores de Tecnología de  
Información y Comunicación en Instituciones de  
Educación Superior, TICAL2021

y

5º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia

“Repensando La Universidad Impulsada por las  
Tecnologías Digitales”

por RedCLARA,

se encuentra bajo una Licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0



# Índice

<b>Capítulo 1.....</b>	<b>7</b>
<b>TICAL: Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea .....</b>	<b>7</b>
Los posgrados presenciales en educación durante la pandemia: una experiencia de transformación pedagógica y tecnológica .....	9
Incorporación de modelos cristalográficos 3D en la enseñanza en el aula virtual.....	18
Aplicación al teléfono móvil dirigida a desarrollar el proceso de aprendizaje de los productos matemáticos.....	30
Acercando las tecnologías a las aulas, acelerando el aprovechamiento escolar .....	39
Soluciones tecnológicas para dinamizar los procesos de investigación científica a través de entornos de tutoría virtual .....	53
Arquitectura de los servicios de Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Yucatán	63
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>81</b>
<b>TICAL: Logrando universidades digitales seguras.....</b>	<b>81</b>
SIU-Quechua: Sistema de validación de identidad para exámenes a distancia .....	83
eduVPN: Acceso remoto seguro a recursos administrativos, académicos y de investigación.....	96
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>111</b>
<b>TICAL: Gestión y gobierno de las TIC para repensar la universidad impulsada por las tecnologías digitales.....</b>	<b>111</b>
Transformación Digital – Experiencia Trabajo colaborativo entre el Sistema de Información Universitario y la Universidad Nacional de General Sarmiento.....	113
Estudio de casos de plataformas en nube para el aprovisionamiento de servicios de aprendizaje en línea en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica .....	123
Adaptación de procesos de ITIL a la División de las TIC de la Universidad del Cauca .....	137
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>158</b>
<b>TICAL: Soluciones que apoyen y fomenten el trabajo colaborativo interinstitucional .....</b>	<b>158</b>
Universidades Compran: el resultado de 10 años de trabajo colaborativo con las instituciones universitarias argentinas .....	160
Assin@UFSC: Uma Solução Centralizada para Assinatura Digital de Documentos.....	173
A promoção do acesso aberto a documentos na Universidade Federal de Santa Maria .....	184

<b>Capítulo 5.....</b>	<b>195</b>
<b>TICAL: Soluciones e implementaciones disruptivas que posibiliten cambios en la universidad .....</b>	<b>195</b>
Desarrollo de una plataforma de monitoreo y control para un sistema barra y bola haciendo uso del IoT.....	197
Un modelo para el seguimiento de cursos de capacitación .....	208
Desarrollo e implementación de un sistema de inteligencia de negocios en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica .....	222
<b>Capítulo 6.....</b>	<b>237</b>
<b>e-Ciencia: Soluciones y herramientas tecnológicas para potenciar la investigación .....</b>	<b>237</b>
IkiamLab Link laboratorio interconectado de datos .....	239
LaRedCCA: Ciberinfraestructura Colaborativa para Investigación y Desarrollo con Computación Avanzada en Colombia .....	251
EU-LAC ResInfra: Towards a new EU-LAC partnership in Research Infrastructures .....	266
<b>Capítulo 7.....</b>	<b>277</b>
<b>eCiencia: Ambientes y herramientas de colaboración interinstitucionales a través del uso de tecnologías avanzadas .....</b>	<b>277</b>
Amazonía ciencia y cultura, difusión del patrimonio cultural en época de COVID utilizando herramientas Web 2.0.....	279
Repensando la universidad desde el arte colaborativo en red .....	293
Diseño Colaborativo de espacios mediatizados para la creación telemática a partir de la construcción de escenarios performativos en red.....	307

# **Capítulo 1**

## **TICAL: Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea**



# Los posgrados presenciales en educación durante la pandemia: una experiencia de transformación pedagógica y tecnológica

Ávila Zárata Adriana Inés<sup>a</sup>, Osorio Valdés Lina María<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Bucaramanga, Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes,  
Bucaramanga, Colombia  
aavila2@unab.edu.co

<sup>b</sup> Universidad Autónoma de Bucaramanga, Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes,  
Bucaramanga, Colombia  
losorio3@unab.edu.co

## Resumen

La llegada del COVID-19, implicó un reto para las universidades en aras de continuar los procesos formativos. En los posgrados presenciales en educación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB tal reto implicó una transformación desde lo tecnológico y pedagógico que se tradujo en una experiencia de innovación que contempló acompañamiento a los docentes y estudiantes, lineamientos y herramientas para la planeación, desarrollo de los espacios de clase, la adaptación a la modalidad híbrida y los recursos necesarios para ello. Como resultado, se logró una sinergia entre las coordinaciones académicas de los programas y todos los docentes, que permitió identificar, tanto buenas prácticas pedagógicas como oportunidades de mejora, manejar la ansiedad que produjo el cambio de una modalidad a otra, sus implicaciones frente al uso de tecnología, y, de manera intencionada, ofrecer un referente para los estudiantes que se están formando como educadores.

**Palabras clave:** Posgrados, modalidad presencial, modalidad híbrida, transformación pedagógica, transformación tecnológica.

**Eje temático:** 2. Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea.

## **Introducción**

En el ámbito de la educación superior la llegada del COVID-19 representó el reto de mantener la calidad de la formación, la motivación y comunicación en los procesos de interacción, enseñanza y aprendizaje entre estudiantes y docentes, en una nueva modalidad a la que se le ha dado por nombre modalidad híbrida. Desde la Coordinación de Posgrados y Coordinación Académica de los programas presenciales en educación de la Facultad de Ciencias Sociales, Humanidades y Artes – FCSHA de la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, se vio la necesidad de planear cuidadosamente el tránsito de la modalidad presencial a una mediada exclusivamente por tecnología, en atención a la preocupación e incluso temor manifestado por docentes y estudiantes, frente al desarrollo de sus clases y de cómo aprender a utilizar diferentes herramientas tecnológicas. Se detectó que no solamente era necesario tener una preparación en el manejo de la tecnología si no también que se precisaba contar con unos lineamientos sobre cómo desarrollar las clases en modalidad híbrida que permitieran tener un lenguaje común entre el equipo de docentes para garantizar la continuidad y calidad de la formación, cumplir la promesa de valor con que se ofertan los diferentes programas, disminuir la ansiedad entre estudiantes y docentes, y preservar esa relación cercana entre el profesor, los estudiantes y el personal administrativo, que normalmente se daba en el entorno físico de la universidad.

## **Problemática y contexto**

La transición antes señalada, de la modalidad presencial a una mediada exclusivamente por tecnología, implicó guiar a los docentes en el alistamiento de sus sesiones de clase dada la alta concentración de horas continuas en este nivel de formación, para el caso de especialización 8 horas y maestría 12 horas, concentradas los días sábado por 16 semanas.

Esta experiencia se llevó a cabo desde el día 23 marzo de 2020, momento en el que en Colombia se decretó la cuarentena obligatoria de manera abrupta, por lo que se suspendieron las clases presenciales y fue necesario realizar adaptaciones para dar continuidad al semestre académico. Desde la coordinación de posgrados siempre se tuvo la convicción de que la adaptación a la nueva modalidad debía ser planeada de manera cuidadosa e intencionada, no podía consistir simplemente en replicar lo que se venía desarrollando, pero ahora en un medio digital, máxime cuando los estudiantes de posgrados, sujetos de la experiencia, se desempeñan como docentes o se están preparando para ello.

## **Desarrollo de la experiencia**

Si bien la coyuntura ocasionada por la pandemia no permitía la presencialidad, se consideró importante mantener la interacción entre docentes y estudiantes en tiempo real a través de encuentros sincrónicos. Esto implicó una alta integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC, con el fin de preservar esa relación cercana. Para el caso particular de la UNAB, las tecnologías empleadas fueron Google Meet y Microsoft Teams en los encuentros sincrónicos; Moodle como sistema de administración del aprendizaje - LMS por su acrónimo en inglés Learning Management System, que en la institución se ha integrado a la estrategia TEMA - Tecnología en la Enseñanza para el Mejoramiento del Aprendizaje - desde hace ya más de quince años, y que ante esta

situación cobró mayor relevancia como oportunidad para ampliar ese continuo espacio temporal del ejercicio educativo; y diferentes recursos y herramientas web 2.0 gratuitos que se integraron al desarrollo de las clases para el uso tanto de estudiantes como de docentes.

Se tomó como referente a Duart, Gil, Pujol y Castaño (2008) quienes destacan la importancia de la planificación, por lo que se consideró necesario orientar claramente a los docentes en cómo realizar la transformación de sus clases y cómo integrar las diferentes herramientas propuestas sin perder el sentido pedagógico definido. Para ello se diseñó un formato denominado “Planeación de clases con TIC” (figura 1) con el objetivo de garantizar que de manera previa al desarrollo de las clases en modalidad híbrida, cada docente reflexionara sobre los cambios que debía implementar en su curso y que las transformaciones resultantes atendieran a las diversas variables que estaban en juego en ese momento, tales como el contexto y la expectativa de los estudiantes, los tiempos, las herramientas y sus propias habilidades y conocimientos.

**Figura 1.** Formato de “Planeación de clases con TIC”

The form consists of the following elements:

- UNAB Logo:** Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Program Title:** PROGRAMA MAESTRÍA EN EDUCACIÓN AJUSTE DESARROLLO DE MÓDULOS MEDIADOS POR TIC
- Header Table:**

MÓDULO:		DOCENTE:	
SEMESTRE:		FECHA:	
Nº SESIÓN:			
- Main Activity Table:**

UNIDAD	ACTIVIDAD	SINCRÓNICO /ASINCRÓNICO	HERRAMIENTA	TIEMPO	OBSERVACIONES U OTROS

Figura 1. Este formato se diseñó para la planeación de clases de posgrado en modalidad híbrida. Diseñado por Ávila. A y Osorio. L (2020).

En el formato de planeación de clases con TIC se solicitó a los docentes, registrar detalladamente las actividades a desarrollar, tanto de enseñanza como de aprendizaje, grupales o individuales, indicando el tipo de espacio, sincrónico o asincrónico; las herramientas a utilizar; el tiempo estipulado y observaciones en las que se incluían aspectos como materiales, recursos, actividades previas, enlaces, entre otros. Es preciso aclarar que este formato no buscaba reemplazar la guía cátedra o syllabus que tiene cada curso, sino complementarlo para atender a la transformación que se quería lograr.

Para su elaboración cada docente contó con asesoría pedagógica brindada desde la coordinación académica de los posgrados, así como con espacios de socialización para abrir el diálogo sobre cómo hacerle frente a la situación y con ello empoderarlos y motivarlos para la transformación pedagógica y tecnológica que se quería llevar a cabo. También se realizaron campañas de sensibilización con los estudiantes sobre los cambios que se estaban viviendo y las medidas diseñadas e implementadas al interior de la institución.

Otro elemento relevante de la experiencia fue la asesoría pedagógica personalizada que se dio a los docentes, con el fin de orientarlos sobre cómo transformar sus clases desde lo tecnológico sin descuidar lo pedagógico. En tal espacio se exploraron diferentes herramientas y actividades para simular el ambiente híbrido, semejante al que se esperaba que ellos como docentes generaran en sus clases, con el fin de vivenciar las indicaciones que tenían planeadas poniéndose en el rol de estudiantes, ahora en la modalidad híbrida. Si bien para los docentes las herramientas no eran desconocidas, sí lo era su implementación en un ambiente mediado exclusivamente por tecnologías. Aquí cobró especial importancia la apropiación de recursos web 2.0 que posibilitaran el protagonismo de los estudiantes, tanto de manera individual como grupal; así como el análisis sobre la distribución de tiempo y tipos de espacios (sincrónicos y asincrónicos).

Como apoyo a las asesorías se diseñó una caja de herramientas digital en la que se recopilaban recursos web 2.0 y sus tutoriales de manejo de manera que los docentes aprendieran a integrarlos en el desarrollo de sus clases buscando dinamizarlas, y además las enseñaran a los estudiantes para llevar a cabo las actividades que se proponían. Este tipo de actividades nunca se había realizado por lo que permitió el acercamiento con el equipo docente y con ello identificar buenas prácticas y oportunidades de mejora al interior de cada curso.

### **Resultados obtenidos y su impacto**

Con el fin de reconocer el valor de la experiencia se realizó un proceso de evaluación en diferentes momentos del año, que contempló: sondeo de apreciaciones sobre el proceso vivido y reconocimiento de experiencias exitosas, dirigido a estudiantes y docentes. Los sondeos fueron anónimos con preguntas sobre diferentes aspectos como: experiencia, distribución de los tiempos, organización, incorporación de TIC, calidad de la formación, entre otros; que se valoraron en una escala con las siguientes opciones: excelente, bueno, regular y malo, también contenían algunas preguntas abiertas para ampliar información, resaltar lo que más les gustó, reconocer oportunidades de mejora y ofrecer sugerencias. Estos sondeos se aplicaron en dos momentos con el fin de verificar la pertinencia de la experiencia.

**Figura 2.** Sondeos 1 y 2 a estudiantes.

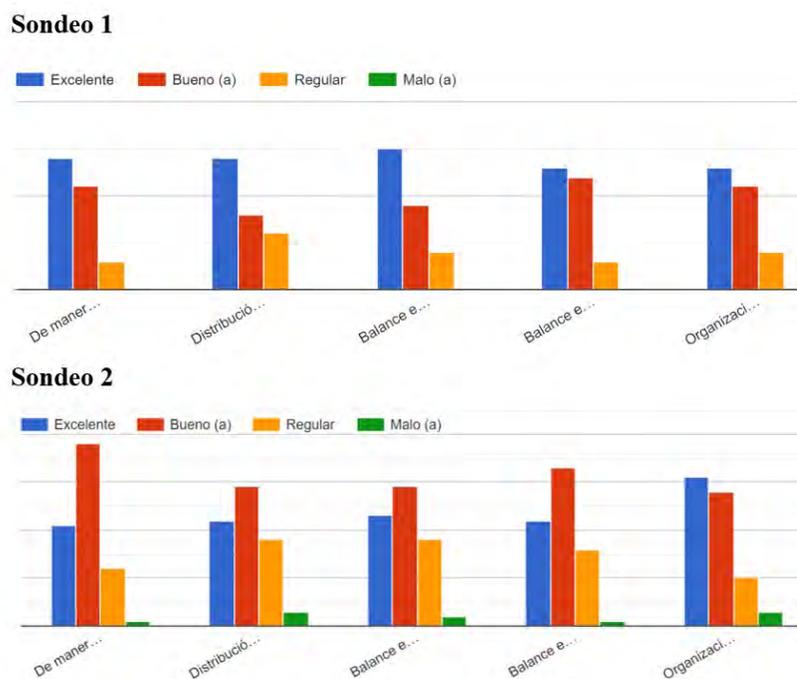


Figura 2. Corresponde a los resultados de los sondeos 1 y 2 realizados a los estudiantes en mayo y octubre respectivamente, para reconocer su percepción frente a las clases desarrolladas en modalidad híbrida. Construido por Ávila, A. y Osorio, L (2020).

Los estudiantes valoraron como favorable la experiencia vivida en las clases en modalidad híbrida, la distribución entre los espacios sincrónicos y asincrónicos, el balance entre los momentos de estudio independiente y los de clase magistral, así como entre las actividades grupales e individuales. La organización de la clase fue considerada como excelente, lo que refleja que la planeación y la asesoría pedagógica realizada previamente tuvo un impacto positivo tal como se esperaba.

Sobre la incorporación de la tecnología por parte de los docentes, se destaca una alta valoración, lo que indica que los espacios de asesoría, así como de capacitación en herramientas, plataformas y recursos web 2.0, les dio la confianza necesaria para hacer una transferencia exitosa de estas a las clases en la nueva modalidad, habilidad que se ha mantenido. De igual manera los estudiantes reconocen que su manejo de la tecnología fue satisfactorio y les permitió gozar de buenos espacios de interacción en los que la calidad de la formación y el cumplimiento de los propósitos mejoró en el segundo semestre de 2020, lo que deja ver que de parte de los estudiantes ha habido un proceso de adaptación, transformación y comprensión frente a la modalidad híbrida.

Dentro de las apreciaciones recogidas en las preguntas abiertas de los sondeos, se destaca de manera general cómo los estudiantes valoraron los esfuerzos de los docentes y de la institución para atender la contingencia, mantener la calidad de la formación y ofrecer otro tipo de conocimientos que sirvió como ejemplo para quienes se desempeñan como docentes.

En la evaluación también participaron los docentes, quienes valoraron como

buena su experiencia frente al proceso de rediseño de sus clases y desarrollo de las mismas en la nueva modalidad, así como la distribución de los espacios sincrónicos y asincrónicos, el balance entre actividades orientadas o de trabajo independiente y aquellas grupales e individuales. También les fue de gran utilidad las asesorías para el proceso de transformación en los que se alcanzó la participación de 87.5% de ellos. Los docentes además resaltaron a los estudiantes, los ubicaron en el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje, tal como se espera que sea, exaltando su compromiso, alegría, empatía, disposición y autonomía.

**Figura 3.** Participación de los docentes en las asesorías

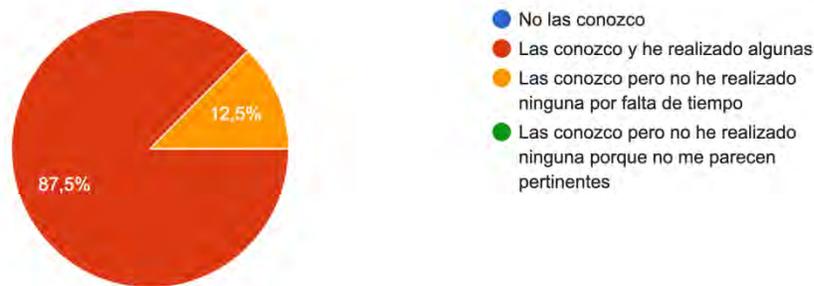


Figura 3. Corresponde a la participación de los docentes en las asesorías. Construido por Ávila, A. y Osorio, L (2020).

Respecto a la preferencia sobre cómo desean continuar el desarrollo de las clases, tal como sucedió con los estudiantes, se presentó un aumento en quienes prefieren mantenerse en la modalidad híbrida, pasando del 56% en el primer sondeo al 75% en el segundo momento de recolección de información (figura 4). Esto deja ver que los docentes han mejorado en la apropiación frente a la modalidad, por lo que se sienten más cómodos y seguros en su implementación, son más propositivos y valoran la oportunidad de continuar sus procesos de enseñanza atendiendo a la coyuntura social vivenciada a causa del COVID-19.

**Figura 4.** Preferencia de la modalidad en la que los docentes desean desarrollar sus clases.

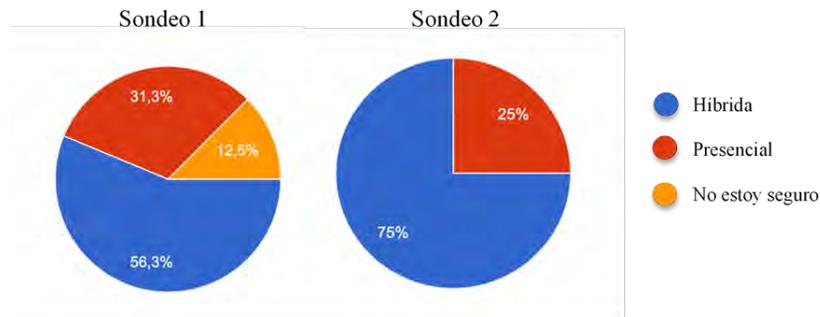


Figura 4. Se muestran los resultados obtenidos en el primer y segundo sondeo aplicados a los docentes en el que seleccionan en qué modalidad desean desarrollar sus clases de posgrado. Construido por Ávila, A. y Osorio, L (2020).

## **Aprendizajes, aciertos y errores**

El proceso de evaluación, permitió reconocer oportunidades de mejora que tanto estudiantes, como docentes resaltaron, producto de la transformación de las clases a la modalidad híbrida, relacionados con: la distribución de los tiempos, dado que al estar en casa los estudiantes debían atender otros asuntos de carácter familiar y personal, por lo que los tiempos de descanso durante las sesiones de clase tuvieron que ser ampliados, igual que los dispuestos para el desarrollo de los ejercicios tanto individuales como grupales, pues implicaban la incorporación de nuevos y variados recursos tecnológicos, que requerían ser apropiados previamente.

Otra acción de mejora implementada se relacionó con la necesidad de ofrecer mayor detalle para el desarrollo de las actividades y la incorporación de canales alternos de comunicación para ello, dada las particularidades de condiciones en las que los estudiantes estaban tomando sus clases. Así mismo, se integraron más y nuevas herramientas tecnológicas, las cuales se dispusieron en un repositorio digital denominado Caja de Herramientas, de acceso abierto para estudiantes y docentes, con la intención de dinamizar los espacios de enseñanza y aprendizaje.

Además, se integró a la evaluación del desempeño docente, que llevan a cabo los estudiantes cada semestre, un ejercicio de autoevaluación en el que los profesores realizaron un análisis sobre su práctica pedagógica y como producto construyeron un plan de mejoramiento. La información recopilada en dichos planes permitió diseñar nuevas rutas de capacitación para los docentes, hacer algunos cambios en la asignación de los cursos y ajustar los planes de clase, contribuyendo con esto a mantener una cultura de evaluación permanente.

## **Aspectos críticos y relevantes a resaltar y detallar**

La experiencia, que continúa desarrollándose, ha sido reconocida como exitosa por estudiantes y docentes de los diferentes posgrados, puesto que logró mantener la calidad formativa de los programas, generó expectativa y motivación, abrió espacio para la generación de nuevos aprendizajes más allá de los establecidos en el plan de estudios, ayudó a hacerle frente de manera positiva a la coyuntura que trajo consigo la pandemia y fue determinante para que los estudiantes tomaran la decisión de continuar sus estudios, a pesar de que para muchos de ellos una de las razones por las que seleccionaron inicialmente sus programas de posgrado obedecía a que se desarrollaban en modalidad presencial.

No obstante, aún hay aspecto por continuar mejorando, por ejemplo, se identificó la prevención de algunos docentes que inicialmente consideraban no necesitar acompañamiento para el rediseño de sus clases, dadas sus titulaciones y años de experiencia, y quizá por una resistencia implícita al cambio. Esto nos implicó una mayor dedicación y búsqueda de estrategias que los motivaran a transitar de manera más ágil y efectiva en ese proceso de acompañamiento y transformación que se estaba realizando. Muchos de estos docentes llegaban a la asesoría sin haber siquiera iniciado la planeación, pensando solo en contarnos lo que querían hacer, evidenciando con ello una tendencia a replicar sus prácticas presenciales, ahora en un contexto mediado con TIC. Esto se convertía en todo un reto para tratar de convencerlos de que ese no era el camino, más aún cuando nuestros estudiantes son docentes en formación, por lo tanto, las prácticas educativas que realizamos deberían ser para ellos un referente digno de seguir.

Otro aspecto identificado se relaciona con cómo existen variables que se

escapan al control de los docentes y que afectan la planificación, por ejemplo, el tiempo, que indiscutiblemente transcurre de manera diferente en esta modalidad, así que en algunas ocasiones ellos manifestaron que no lograron desarrollar la totalidad de las actividades a pesar de haberlas planeado. La tecnología es otra de esas variables, pues el desarrollo de la clase depende de que todos los involucrados tengan acceso a ella y sepan cómo emplearla para fines educativos. A pesar del miedo de los docentes, no resultó cierto que en todos los casos los estudiantes tuvieran más habilidades que ellos en el manejo de la tecnología, incluso en ocasiones debieron invertir parte de la jornada académica para enseñarles a usar herramientas o solucionar problemas tecnológicos generando atraso en la agenda planeada.

Finalmente, los docentes manifestaron su sensación de cómo en ocasiones no se corresponde el esfuerzo realizado por ellos con la participación de algunos estudiantes, que expresaban problemas de tiempo, interrupciones en casa, recarga laboral, mala conectividad, entre otros, por lo que señalaron que es necesario “continuar concientizándolos para que no piensen que lo remoto o virtual no sirve”. En términos generales, los profesores afirmaron que tuvieron lo necesario para desarrollar sus clases, sin embargo, algunos siguen echando de menos el contacto, la cercanía y todas aquellas construcciones interpersonales que se tejen en espacios extracurriculares como caminar por los pasillos de la universidad, compartir un café, tener charlas espontáneas y eso que aparentemente es solo posible desde la presencialidad y que enriquece las relaciones muchas más allá de lo académico.

## **Conclusiones**

La experiencia descrita buscó llevar a cabo una transformación pedagógica y tecnológica en los posgrados presenciales en educación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga. Esto es posible afirmarlo pues tal y como lo indica el Ministerio de Educación Nacional (MEN,2020) este proceso se comprende como “el cambio de las significaciones organizacionales derivadas de la apropiación cultural de la tecnología digital no solo vista como técnicas e instrumentos sino como lenguaje, conocimientos, habilidades y valores que impactan constructivamente propósitos, estrategias, procesos y procedimientos institucionales” (p. 58). Así mismo se resalta cómo la transformación pedagógica y tecnológica es asunto estratégico que implica “atender de manera prospectiva los diversos escenarios que vienen emergiendo y acelerando la evolución de la educación y sus impactos en los proyectos educativos institucionales” (MEN, 2020, p. 55).

Entendiendo el dinamismo que la educación supone, se precisa de procesos de transformación permanente que con la coyuntura producida por el COVID-19, fue necesario acelerar para dar continuidad a la formación en las mejores condiciones posibles, tanto para maestros como para estudiantes, tal como sucedió en la práctica llevada a cabo durante el año 2020. Producto de esta experiencia, se lograron múltiples beneficios gracias a la implementación de la modalidad híbrida, algunos de ellos fueron: mejorar la interacción entre y con los estudiantes, generar interdependencia positiva, enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje acercándose a él desde diferentes perspectivas, desarrollar la autonomía, diseñar entornos de enseñanza y aprendizaje mediados exclusivamente con tecnología, brindar condiciones de seguridad y confianza para la transformación pedagógica llevada a cabo, generar lineamientos desde la facultad para el desarrollo de los programas y ser inspiración sobre cómo implementar de manera exitosa esta nueva modalidad.

La experiencia vivida refleja lo expresado por Graham (2020) como se citó en

Galvis (2020) sobre cómo en la transición de una modalidad básicamente presencial a otra mediada por tecnología “lo que hace la diferencia es el modo como se diseña y lleva a cabo el proceso de enseñanza aprendizaje, antes que la modalidad misma” (p.30) y de cómo se deben atender aspectos de carácter afectivo, comportamental, tecnológico y cognitivo, que para nuestra experiencia se tradujo en las diferentes acciones descritas, desde la planeación, los encuentros, las asesorías, capacitaciones, formatos, herramientas, recursos y espacios de socialización de cara a propiciar un acompañamiento lo más integral posible.

Es prioritario desarrollar habilidades de apertura, trabajo en equipo, organización e innovación que nos permitan superar la resistencia al cambio y descubrir cosas interesantes. Se hizo evidente cómo pequeñas acciones producen grandes diferencias siempre y cuando tengan un sentido, tal es el caso del formato de planeación para realizar el rediseño de las clases a la nueva modalidad, los espacios que abrimos para conversar, reflexionar y compartir, que no buscaban evaluar o juzgar el trabajo de los docentes, sino propiciar entre todos prácticas pedagógicas que respondieran al contexto.

Finalmente es importante continuar promoviendo la generación de espacios de encuentro y socialización que permitan reconocer y compartir las lecciones aprendidas de todos los actores involucrados en aras de acercarse a la conformación de una comunidad, en la que se materialicen los postulados de Lave y Wenger (1991) sobre enfocarse en un dominio de interés compartido, compromiso con las actividades, discusiones, el ayudarse, compartir información y la práctica, que en este caso particular refiere a la implementación de la modalidad híbrida.

## Referencias

1. Ávila, A, Osorio, L (2021) Hacia un acompañamiento integral a los docentes de posgrados en educación UNAB en tiempos de pandemia. (In press).
2. Duart, J. M.: Gil, M.; Pujol, M.; Castaño, J. (2008). La universidad en la sociedad red. Barcelona: UOC / Ariel. 1.ª ed.
3. Galvis, Á. H. (2020). Transformación educativa mediada con tecnología digital: oportunidad única de cara a la nueva normalidad. Revista Innovaciones Educativas (págs. 28-32). Madrid.
4. Ministerio de Educación Nacional (2020). Recomendaciones para fomentar la calidad en prácticas educativas mediadas por tecnologías digitales. Recuperado de [https://especiales.colombiaaprende.edu.co/calidadesdetodos/docs/libro\\_recomendacion\\_tecnologia\\_V5.pdf](https://especiales.colombiaaprende.edu.co/calidadesdetodos/docs/libro_recomendacion_tecnologia_V5.pdf)

## **Incorporación de modelos cristalográficos 3D en la enseñanza en el aula virtual**

Ana Pilar Marín-Guzmán<sup>1</sup>, Rubén Eduardo Guadarrama García<sup>2</sup>

Universidad Autónoma del Carmen, Facultad de Química, Calle 56 no. 4, Esq. Av. Concordia,  
Benito Juárez, CP. 24180, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>1</sup>apmarin@pampano.unacar.mx, <sup>2</sup>rguadarrama194@gmail.com

### **Resumen**

En el presente trabajo se muestra el desarrollo e incorporación de modelos 3D simples realizados para la enseñanza de tópicos de las Ciencias de la Tierra relacionados con la Mineralogía y Microscopía de Minerales y Rocas en la enseñanza en el aula virtual, buscando por una parte la motivación de los estudiantes dentro de su proceso de aprendizaje a través de la innovación al interior del aula que despierte así mismo el interés por el desarrollo de modelos más complejos útiles en la enseñanza de las diferentes áreas de las Ciencias de la Tierra.

**Palabras Clave:** Modelos 3D, enseñanza-aprendizaje, sistemas cristalinos, minerales.

**Eje temático:** 2. Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea.

## **Introducción**

Siendo cada vez más marcado el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro de lo que hoy se denomina la sociedad de la información y del conocimiento, queda claro que estas han transformado la forma de pensar, así como la manera de trabajar e incluso han incidido al interior de los procesos educativos, buscando mejorar el proceso de asimilación de la información, particularmente en la educación superior en donde resulta cada vez más evidente la necesidad de incorporarlas como parte del proceso de innovación en el aula.

La llamada sociedad de la información y del conocimiento se encuentra definida por el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tales como el internet y los dispositivos móviles que se utilizan en la vida diaria y que por tanto, su aplicación en el ámbito educativo resulta sin lugar a dudas de gran impacto en la transferencia del conocimiento ya que permite una mayor interacción del estudiante tanto al interior como al exterior del aula otorgándole un papel más allá de ser un simple observador. No obstante, para que estos recursos representen una mejora en la calidad educativa, deben tener una aplicación directa en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A lo largo de los últimos años se ha observado la necesidad de aumentar el interés de los estudiantes en el desarrollo del aprendizaje a partir del uso de las tecnologías de la información y la comunicación, las cuales fomentan el desarrollo de habilidades hacia el método científico y fomentan la construcción social del aprendizaje, así como el aumento de la motivación (Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso, 2016; Brandi-Fernández, 2011; Traxler, 2009).

Resulta evidente también que las nuevas generaciones no gustan de ser únicamente receptoras de conocimiento y que por tanto, las formas tradicionales de enseñanza en el aula en donde el estudiante actuaba más como un observador, desmotivan el proceso de aprendizaje del estudiante actual, observándose de manera continua en las aulas como el estudiante, bombardeado en continuo por estímulos externos como el celular, pierde rápidamente el interés, resultando necesario replantear los procesos formativos en las instituciones docentes universitarias que permitan motivar y retener al estudiante universitario.

En este sentido, es imperativo implementar las modificaciones necesarias en los procesos formativos de los diferentes programas educativos desde los contenidos impartidos, los métodos y los recursos didácticos que se emplean durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, buscando que dentro del proceso se lleve a cabo en particular un cambio en los roles actuales de los docentes y los estudiantes, confiriendo a estos últimos un papel más activo dentro de su propio proceso de aprendizaje.

En la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), se imparte el Programa Educativo en Ingeniería Geológica en el que se observa un fuerte rezago estudiantil, así como altos índices de reprobación. De acuerdo con lo expresado por el mismo estudiantado, una de las razones aparentes para ello es la falta de motivación para asistir a clases. A la par, han expresado un mayor interés por aquellas asignaturas o temas particulares al interior de las asignaturas en donde se implementa un mayor uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Y es en este sentido que se origina la idea del proyecto que se presentará en este trabajo.

Así entonces, en este trabajo se aborda el desarrollo e implementación de modelos 3D para la enseñanza de tópicos de las Ciencias de la Tierra, relacionados entre sí, contenidos algunos de ellos en la asignatura de Mineralogía y los otros en la de Microscopía de Minerales y Rocas, buscando con ello por un lado la motivación del estudiante para continuar su proceso de aprendizaje a través de la innovación al interior

del aula así como despertar el interés por el desarrollo de modelos y/o prototipos útiles en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

Este trabajo se encuentra ordenado de la siguiente manera: en la primera sección se presenta una introducción general, mientras que en la segunda sección se describe la problemática y contexto en que se propuso este proyecto; en la tercera sección se describe la aplicación de los modelos 3D al interior del aula, así como algunos aspectos críticos y relevantes encontrados; en la cuarta sección se presentan los resultados y el impacto obtenidos y finalmente en la quinta sección se presentan los aprendizajes alcanzados, así como las limitaciones y metas a futuro.

## **Problemática y contexto del proyecto propuesto**

En el estudio de la Geología, la comprensión de la génesis, características y usos de los minerales y rocas forma la base de la construcción de cualquier otro conocimiento geológico y su estudio constituye uno de los temas indispensables en la enseñanza de la Geología.

El temario de la licenciatura en Ingeniería Geológica de la Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR), cuenta con asignaturas básicas como Mineralogía y aquellas del orden de la Petrología, tales como Petrología y Petrografía Sedimentaria, que contemplan dentro de su estructura la identificación de las características de un ejemplar denominado “muestra de mano”, sin embargo, esta observación se encuentra limitada a aquello observable a simple vista o mediante el uso de lupas de diferentes aumentos.

El método tradicional insustituible para el estudio de minerales y rocas hoy en día es la observación de estos a través del microscopio petrográfico, a partir de una sección delgada (Fig. 1), la cual permite analizar determinadas características y propiedades en luz transmitida o reflejada. Este método perdura a través del tiempo ya que a diferencia de los análisis químicos que también se pueden emplear para determinar la composición de una muestra; se considera un método no destructivo que, al no requerir la molienda del material, permite determinar las relaciones texturales de los minerales que conforman las rocas, lo cual permite obtener información importante para comprender la génesis.



**Fig. 1.** Muestra de roca en sección delgada.

La enseñanza del estudio de minerales y rocas a partir del microscopio petrográfico se realiza en la UNACAR a partir de las asignaturas de Microscopía de Minerales y Rocas. La enseñanza de estos presenta algunas dificultades dignas de mención, causadas especialmente por la falta de percepción 3D del estudiante hacia los elementos estudiados.

En la impartición de los contenidos del Programa Educativo de Ingeniería Geológica de la UNACAR, han prevalecido como medios didácticos las representaciones bidimensionales basadas fundamentalmente en imágenes digitales o impresas, las cuales se observa que han impactado de manera negativa en los niveles de comprensión de contenidos complejos o abstractos de objetos tridimensionales.

Una de las asignaturas de nivel terminal contenidas en la malla curricular de la licenciatura en Ingeniería Geológica de la UNACAR es Microscopía de Minerales y Rocas, la cual actualmente tiene como asignaturas antecedentes a Mineralogía, Petrología y Petrografía de Rocas Sedimentarias. A lo largo de tres años de docencia de dichas asignaturas, se ha identificado una fuerte deficiencia en la concepción planar de los minerales, que impacta directamente en la concepción de la disposición de estos dentro de una roca, la cual en su concepción más simple se puede definir como un agregado de minerales (Tarbuck & Lutgens, 2005), impactando de manera negativa al aprendizaje de los estudiantes desde la asignatura básica de Mineralogía hasta los cursos subsiguientes de nivel profesionalizante y terminal.

Para subsanar las deficiencias anteriormente descritas, así como la falta de material para este Programa Educativo, se decidió desarrollar un proyecto enfocado en la generación de recursos didácticos. El presente trabajo forma parte de un proyecto de tesis desarrollado en esta línea, enfocado en la generación de material didáctico para la enseñanza de las asignaturas de Mineralogía, Petrología, Petrografía Sedimentaria y Microscopía a partir de la creación de modelos cristalográficos tridimensionales digitales como herramienta auxiliar que busca terminar con la visión planar que el estudiante tiene de los minerales para que este comprenda las diferentes vistas posibles observables al microscopio petrográfico y cómo pueden encontrarse los minerales dispuestos en una roca al realizar el corte para elaborar la sección delgada y como estas difieren de una “muestra de mano” (Fig. 2).



**Fig. 2.** Izquierda, mineral en ejemplar de mano. Derecha, mismo mineral observado en microscopio petrográfico a partir de una sección delgada.

En la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, se ha generado un gran avance en la creación de recursos pedagógicos que puedan ser utilizados tanto en el aula como en casa como parte de un aprendizaje autónomo. Dentro de los principales recursos informáticos, las páginas web, foros, libros digitales y realidad aumentada son algunas de las herramientas más utilizadas para revisar aspectos teóricos o realizar visitas virtuales a espacio reales (Fernández-Lozano y Gutiérrez-Alonso, 2016; Brandi-

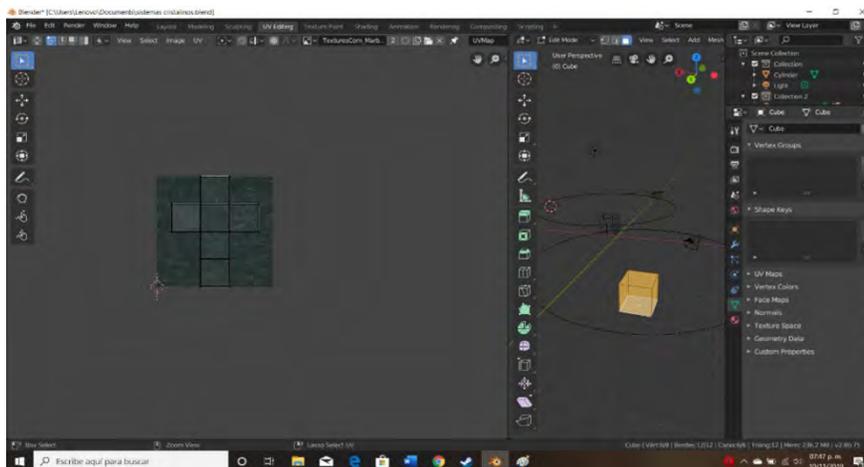
Fernández, 2011).

En una etapa inicial se consideró compartir los modelos 3D a través de una memoria USB, que contendría videos cortos que permitirían observar los diferentes planos posibles al girar el modelo, sin embargo, al momento de su implementación en el aula, en agosto del año 2020, la educación había dado un giro y se realizaba ya en la modalidad de enseñanza en línea por lo que el material generado se compartió con los estudiantes durante el desarrollo de las clases en línea como parte de la explicación previa al uso de las diferentes secciones delgadas en la asignatura de Microscopía de Rocas y Minerales.

## Descripción de la solución tecnológica implementada

Para generar el material didáctico se utilizaron algunas fotografías de diferentes minerales y rocas además del uso del programa gratuito y de código abierto, Blender 2.8 para generar los modelos 3D y Filmora 9.1.2.7, en su versión gratuita para la grabación de los videos que conforman este proyecto.

Inicialmente, al abrir Blender 2.8, por default este arroja una figura inicial que es un cubo (Fig. 3), a partir del cual, mediante el alargamiento de caras y aristas se pueden generar diferentes figuras.



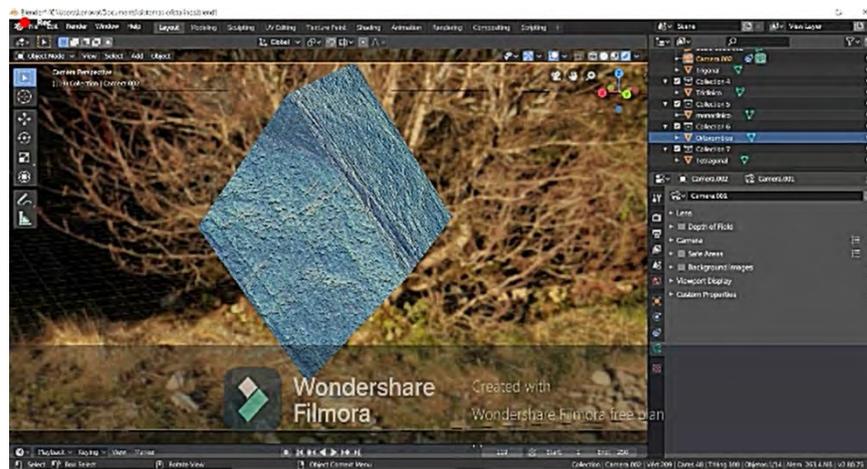
**Fig. 3.** Cubo inicial obtenido en Blender 2.8, a partir del cual se generaron los diferentes sistemas cristalinos.

A partir del uso de la figura de un cubo inicial en Blender 2.8 (Fig. 3), se generaron los sistemas cristalinos cúbico, triclínico, hexagonal, tetragonal, romboédrico, monoclínico y rómbico (Fig. 4) a partir del alargamiento o encogimiento de las diferentes caras del cubo inicial, así como el movimiento de las diferentes aristas.



**Fig. 4.** Sistemas cristalinos cúbico, triclínico, hexagonal, tetragonal, romboédrico, monoclínico y rómbico generados a partir del cubo inicial en Blender 2.8.

Para representar los sistemas cristalinos asociados a diferentes minerales de manera más cercana a la realidad, se dotó a los modelos 3D con una textura similar a la de los minerales utilizados en este proyecto, lo cual se puede observar en la figura 5.



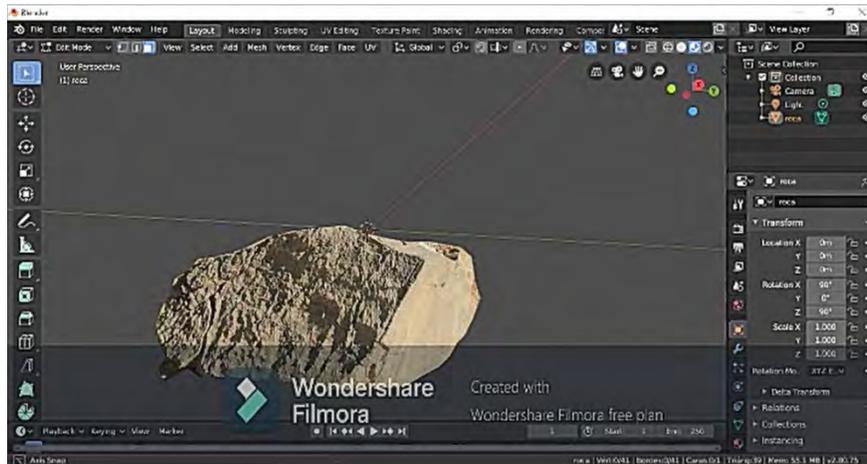
**Fig. 5.** Modelo 3D representando al sistema cristalino del mineral fluorita.

Posteriormente se ingresó a Blender 2.8 la imagen de una muestra de una roca cualquiera, recortándose la silueta de esta para crear a partir de su contorno la textura a utilizar más adelante en la representación 3D de una “muestra de mano” de una roca (Figura 6).



**Fig. 6.** Imagen de una muestra de roca a partir de la cual se recortó la silueta para crear la textura utilizada en la representación 3D de una “muestra de mano”.

Una vez recortada la silueta, esta se alargó a partir de las aristas observables, proyectándolas en la dirección de uno de sus planos con lo cual se generó una figura tridimensional con la textura antes descrita que permitió representar a “una muestra de mano” de una roca cualquiera (Figura 7).

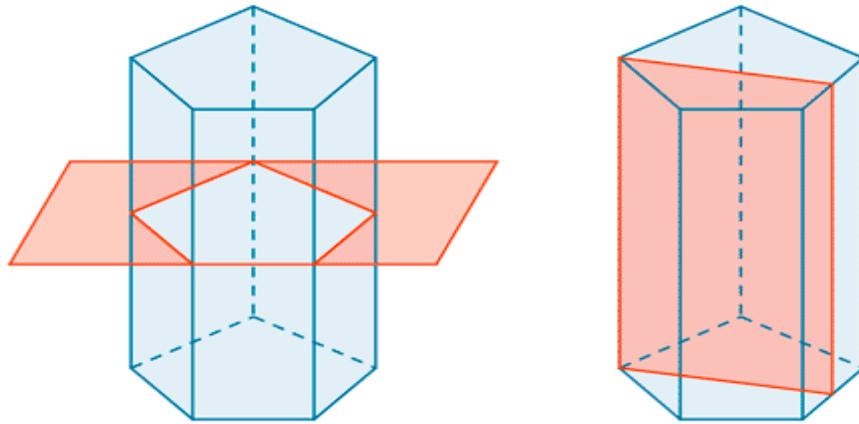


**Fig. 7.** Imagen de la proyección de las aristas del contorno seleccionado a partir de una muestra de roca para generar una “muestra de mano” de una roca.

Una vez comentada la metodología utilizada para generar los modelos 3D, se procederá a explicar el uso que estos tuvieron dentro del desarrollo de las clases en línea para dos asignaturas del Programa Educativo de Ingeniería Geológica de la UNACAR.

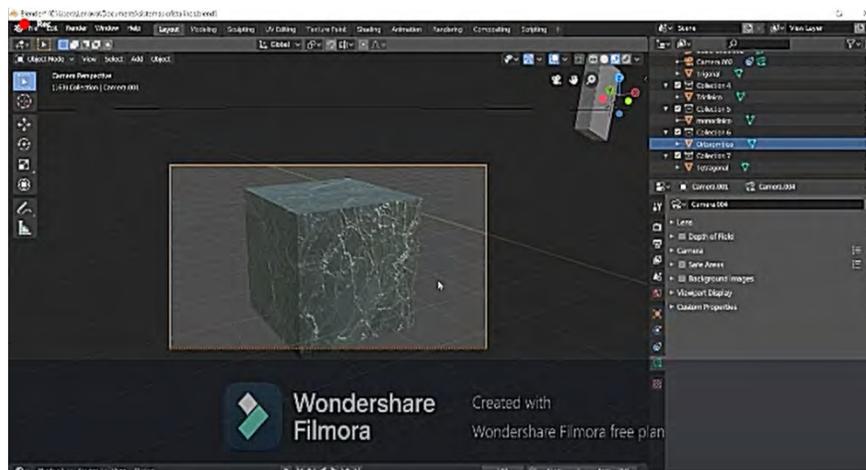
Dentro del aula virtual en TEAMS se utilizaron los modelos 3D en dos asignaturas; por una parte se mostraron a los estudiantes de la asignatura de básica de Mineralogía los

modelos 3D asociados con los diferentes sistemas cristalinos y se les pidió en primera instancia imaginar la cara que verían del mineral presentado si este fuese cortado en las diferentes proyecciones; horizontal, vertical y de perfil variando también el ángulo del corte, para lo cual se giraron los modelos en sus diferentes posiciones mientras los estudiantes observaban y realizaban dibujos a partir de sus observaciones acerca de la cara resultante que observarían en el microscopio petrográfico de haber sido cortado el mineral en los planos propuestos, similar a lo observado en la Figura 8.



**Fig. 8.** Dibujos realizados por los estudiantes a partir de la observación de los modelos 3D generados en Blender 2.8 y rotados en diferentes proyecciones dentro del aula.

En el desarrollo de la clase se decidió favorecer la participación de los estudiantes y se les pidió sugirieran ejemplos de minerales para cada uno de los sistemas cristalinos, los cuales tuvieron que investigar en la red a la par que investigaron la textura general de los minerales propuestos. Una vez realizada esta breve investigación, la docente en conjunto con los estudiantes seleccionaron en Blender 2.8 la textura más similar a la propuesta por los estudiantes con base en su investigación (Figura 9).

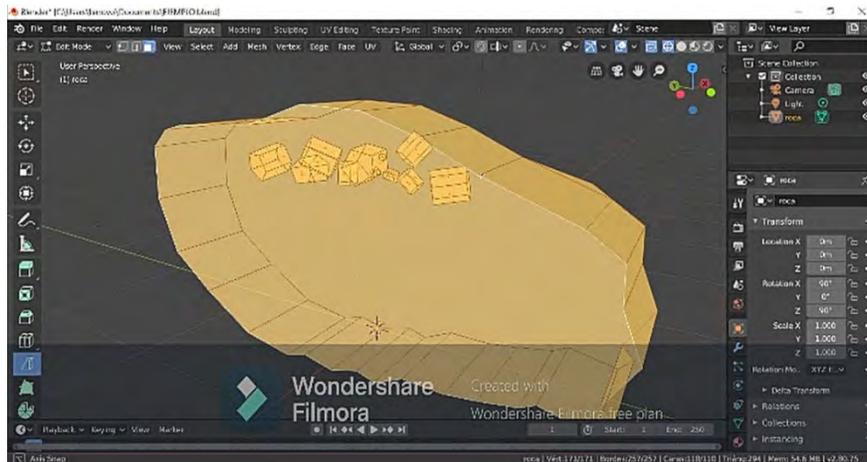


**Fig. 9.** Galena Cúbica. Mineral seleccionado por los estudiantes junto con la textura propia del mineral.

Los modelos 3D fueron utilizados además para explicar los diferentes elementos de simetría de los cristales; eje de simetría, planos de simetría y centro de simetría, conceptos todos que no estaban considerados en un inicio dentro del uso asignado a los modelos 3D. Originalmente para este tema se solicitaba a los estudiantes el armado de figuras geométricas en cartón observándose poco entusiasmo por su parte. A partir de los modelos se pidió a los estudiantes identificar los elementos de simetría para cada sistema cristalino para lo cual se rotaron los diferentes modelos para establecer las caras posibles para los minerales pertenecientes a dichos sistemas.

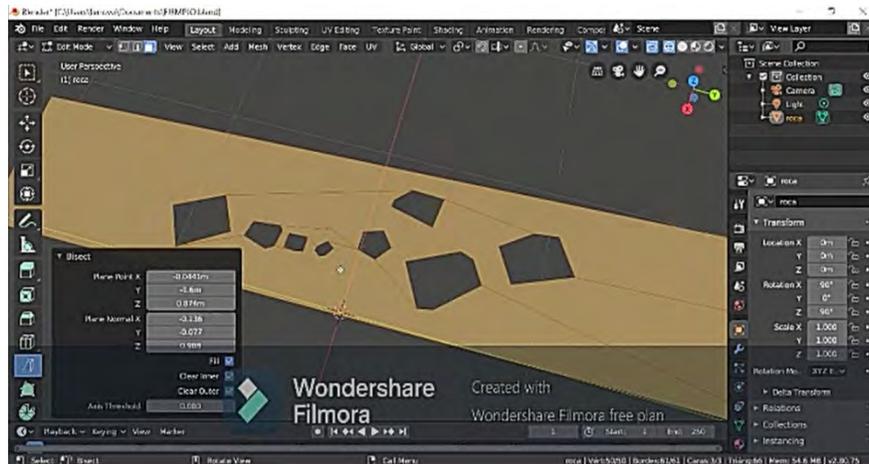
Además del uso dado a los modelos en la asignatura básica de Mineralogía, se les utilizó también en la asignatura terminal Microscopía de Rocas y Minerales, para la cual fueron propuestos en primera instancia para explicar a los estudiantes la disposición caótica que puede tener los minerales en una roca y como diferentes minerales con diferentes sistemas cristalinos pueden encontrarse conviviendo en una misma roca lo cual dificulta la identificación de dichos minerales a partir de una sección delgada.

Para explicar lo anteriormente mencionado, se utilizó el modelo 3D de “muestra de mano” de roca creado y recordando el concepto básico de roca que nos dice que “una roca es un agregado de minerales” de acuerdo con Tarbuck & Lutgens (2005), se colocaron en el interior de la muestra diferentes modelos 3D, todos ellos correspondientes al sistema cristalino hexagonal representando diferentes minerales (Figura 10).



**Fig. 10.** Muestra de mano con diferentes modelos 3D de sistemas cristalinos diversos en su interior representando los minerales que integran una roca.

Posteriormente se realizó el corte de un plano superficial para la “muestra de mano” de la roca generada. Dicho plano atravesó las pequeñas figuras 3D que representaban a los minerales componentes de la roca propuesta, dejando al descubierto las caras que serían observables para cada uno de los minerales representados. El estudiante pudo observar como a pesar de que todas las pequeñas figuras correspondían al mismo sistema cristalino, al estar estas acomodadas en diferentes posiciones, representando el caos natural de los minerales en una roca y ser cortadas todas en el mismo plano, las formas resultantes son diferentes (Fig. 11) y dependen del acomodo inicial de cada una.



**Fig. 11.** Corte de un plano de la “muestra de mano” de roca conformada por figuras con sistema cristalino hexagonal representando minerales. Se observa como las formas resultantes son diferentes.

Se repitió el ejercicio utilizando diferentes figuras pequeñas 3D de diversos sistemas cristalinos para observar el resultado y comprobar que independientemente del sistema cristalino de los minerales, las formas resultantes observables en una sección delgada dependerán en primera instancia del acomodo inicial de cada mineral al momento del corte para generar la sección delgada.

## Resultados obtenidos y su impacto

El primer resultado observado en ambas asignaturas donde se utilizaron los modelos 3D fue el interés que los estudiantes pusieron en los ejercicios propuestos a partir de dichos modelos. Los estudiantes mostraron una actitud relajada y hasta divertida al participar de manera activa en la toma de decisiones simples como elegir un mineral asociado con un determinado sistema cristalino y seleccionar la textura más adecuada para él.

Se observó también una respuesta favorable del uso de los modelos en la comprensión de los elementos de simetría, en donde los alumnos solicitaron en diversas ocasiones se girasen en diferentes posiciones los modelos hasta que se dijeron conformes con las observaciones que realizaron y la retroalimentación que recibieron por parte del docente.

A diferencia de otros ciclos en los que se han impartido las asignaturas para las cuales se crearon los modelos 3D, el resultado obtenido en las evaluaciones y ejercicios desarrollados que involucraron el uso de los modelos fue favorecedor para los estudiantes reflejándose en mejores evaluaciones y especialmente en un uso más fluido de los conceptos al interior de la clase por lo que se puede considerar que el proyecto ha impactado de manera positiva en el desarrollo de los temas para el que fue creado e

incluso ha incidido de manera favorable en un tema adicional (elementos de simetría) que se incorporó de manera emergente.

El proyecto fue creado también para incentivar al estudiante a no desertar de las asignaturas, así como a fomentar el interés del estudiante en el desarrollo del aprendizaje a partir del uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación y se considera de acuerdo con los comentarios realizados por los mismos alumnos que el proyecto impactó de manera positiva en este objetivo.

## **Aprendizajes alcanzados, limitaciones y metas a futuro**

Sin duda la experiencia de incursionar en el modelado 3D a partir de la creación de modelos sencillos y la implementación de estos al interior del aula virtual, dejó de manifiesto las inmensas posibilidades que existen dentro de la docencia a partir del desarrollo de recursos que mejoren la interacción entre los docentes y los estudiantes permitiendo un proceso de enseñanza-aprendizaje más efectivo.

En el desarrollo del proyecto antes expuesto, se encontraron diferentes limitantes que por un lado imposibilitaron la distribución de los modelos 3D, pero al mismo tiempo resultaron de gran utilidad en la enseñanza a través del aula virtual.

Una primera limitante se presentó en el desarrollo de los modelos 3D ya que para realizar este proyecto se requirió ubicar un estudiante con gusto y habilidades específicas que le permitieran aprender por cuenta propia acerca del uso de programas enfocados en la creación de gráficos 3D, en este caso Blender 2.8.

En la distribución de los videos generados se encontró una fuerte limitante derivada del peso de los videos, la mala calidad en la señal de internet que varios de los estudiantes presentan, así como el uso de fichas de datos frecuente que varios estudiantes se encuentran haciendo para poder conectarse a las clases en línea el cual les genera un gasto excesivo por lo que se consideró que solicitarles descargar material pesado como los videos resultaría contraproducente por lo que se decidió no distribuirlos por el momento y en su lugar utilizar el material al interior del aula virtual.

En la implementación de este proyecto al interior del aula virtual se observó una tercer limitante generada por la mala calidad de la señal de internet que algunos de los estudiantes presentan ya que al encontrarnos en actividades desde casa producto de la contingencia sanitaria por COVID-19, los estudiantes foráneos regresaron a sus casas, muchas de ellas ubicadas en localidades pequeñas o incluso de difícil acceso o con problemáticas comunales a partir de las cuales la señal de internet es intermitente y en algunas ocasiones nula. Para estos estudiantes resulta complicado seguir el desarrollo de la clase en vivo y participar en esta, especialmente cuando se utilizan elementos como los modelos 3D que se giran para observar algún elemento ya que dichos giros se traducen como pantallas congeladas para estos estudiantes por lo que para ellos la única forma de seguir las clases de manera fluido es de manera asincrónica por las noches cuando la calidad de la señal de internet es mejor.

En un futuro cercano se planea trabajar en los modelos 3D ya existentes para mejorar sus características que por ahora son muy básicas, así mismo se tiene proyectado generar modelos 3D de minerales y rocas que puedan ser creados a partir del uso de software de código abierto y distribuidos a partir de plataformas como Sketchfab que resultan de fácil acceso para cualquier estudiante que tenga un celular con acceso a internet sin que este deba ser de gama alta y con un gasto bajo de datos de internet.

En proyectos considerados a mediano plazo, se considera la posibilidad de generar

ambientes en 3D útiles en el desarrollo de asignaturas como Geomorfología y Sedimentología tales como ambientes de playa y ambientes kársticos que, por la ubicación de la Universidad, son de acceso fácil, sin embargo, se requiere invertir en algunos elementos como un dron para realizar este proyecto.

## Conclusiones

Con base en la experiencia anteriormente descrita, se observa que la educación hoy en día cuenta con enormes posibilidades para renovarse, innovar y volverse más eficaz a través de la implementación de modelos 3D que representan una oportunidad para mejorar la transferencia de conocimiento dentro de la educación superior ya que por una parte motivan al estudiante a interactuar tanto con el docente como con el resto de los estudiantes al interior del aula. Así mismo, representan una alternativa a la falta de salidas de campo o prácticas de laboratorio cuando el desarrollo de estas no es posible.

Las instituciones de educación superior tienen por tanto un nuevo papel en el escenario de las nuevas sociedades de la información y el conocimiento y deben por tanto promover y propiciar el aprendizaje a través de recursos enfocados en fomentar el conocimiento brindando a los estudiantes y docentes las oportunidades para desarrollar investigación en estos rubros que conforman las demandas de la sociedad actual.

## Referencias

1. Brandi-Fernández, A. Las TIC en el aula de ciencias de la naturaleza, para qué y cómo. Investigación didáctica para las aulas del siglo XXI, 31-39 (2011) Smith, TF, Waterman, MS: Identificación de subsecuencia moleculares comunes. J. Mol. Biol. 147, 195 a 197 (1981)
2. Fernández-Lozano, J. & Gutierrez-Alonso, G.: Aplicaciones Geológicas de los Drones - Geological Applications of UAVs. Revista de la Sociedad Geológica de España. 29. 89-105 (2016)
3. Fernández-Lozano, J. & Gutierrez-Alonso, G.: Aula 3.0: Una nueva forma de aprender geología. El uso de las apps Trnio® y Skechfab® para construir modelos 3D con el móvil. Revista de la Asociación Española de Ciencias de la Tierra AEPECT. 24. 2016-2040 (2016)
4. Garay, G.G. & Gutiérrez, A.C.: Integración de las TIC en la educación superior. Pixel-Bit: Revista de medios y educación. 21, 21 a 28 (2003)
5. Mendoza Rodríguez, J., Milachay-Vicente, Y., Martínez Sebastián, B., Cano-Villalba, M. y Gras-Martí, A. Uso de las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación) en la formación inicial y permanente del profesorado. Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales Educación, 18, 121-150 (2004)
6. Tarbuck, E., & Lutgens, F. K. (2005). Ciencias de la tierra. Pearson (8th ed., Vol. 12). [https://doi.org/10.1016/0196-0709\(91\)90073-0](https://doi.org/10.1016/0196-0709(91)90073-0)
7. Traxler, J. Current state of mobile learning. En: M. Ally, Mobile learning, Transforming the Delivery of Education and Training, AU Press, Athabasca University, 9-2 (2009)

## **Aplicación al teléfono móvil dirigida a desarrollar el proceso de aprendizaje de los productos matemáticos**

Leandro Arturo Capdesuñer Rodríguez<sup>a</sup>, Leandro José Capdesuñer García<sup>a</sup>, Tania Alina Mena Silva<sup>a</sup>, Rovaldo Castillo Iglesias<sup>a</sup>, Crescencia Marín Hernández<sup>a</sup>, Diris Omara Marrero Medina<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro Universitario Municipal, Hermanos Saiz Montes de Oca, Carrera Primaria, Av. Juana Romero #33, San Luis. Pinar del Río

leandroj88@nauta.cu, taniam@upr.edu.cu, taniaalinamenasilva@gmail.com, castillo1962@pri.jovenclub.cu

### **Resumen**

Por el perfil pedagógico del logopeda que labora en la red de instituciones regulares y especiales del Sistema Educativo Cubano, el tema de aprendizaje, su calidad y posibles trastornos llaman su atención. Cualquier alteración que esté presente en las condiciones internas del sujeto, en términos de su estructura neurobiológica y psicológica pueden ocasionar dificultades en el aprendizaje. En este sentido se elaboró **una aplicación al teléfono móvil dirigida a desarrollar el proceso de aprendizaje de los productos matemáticos en los alumnos con discalculia** a partir de las clases logopédicas y la atención diferenciada. Para la investigación se utilizaron métodos teóricos, empíricos y estadísticos, que una vez procesados determinaron las dificultades presentadas en los alumnos al calcular con productos y la disminución de la capacidad de trabajo y las particularidades de la utilización de la informática en los alumnos con trastornos del aprendizaje. Partiendo de estos resultados se elaboró la aplicación con enfoque histórico cultural y hacia el desarrollo de la competencia comunicativa, teniendo en cuenta la preparación del maestro, la influencia de la informática en el proceso de enseñanza – aprendizaje y la tecnología móvil. Luego se implementó la aplicación para la plataforma Android. Estando en correspondencia con las actividades propuestas en los programas del grado respondiendo a las exigencias de la formación del alumnado y constituyendo un recurso más para una prevención eficiente.

**Palabras Clave:** aprendizaje en línea, clases logopédicas, TICs, productos matemáticos, alumnos con discalculia, competencias comunicativas.

**Eje temático:** Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea.

## **Introducción**

El aprendizaje implica una construcción progresiva de organizaciones cognitivas que se van estructurando mediante el intercambio con el medio ambiente y con la experiencia que el sujeto vive en dicho medio. Ello expresa que el hombre dotado de una estructura biológica, al entrar en contacto con situaciones diversas, está en capacidad de procesar toda información y estructurarla de manera tal que se interioricen aquellos aspectos que han resultado significativos para él; es por ello que son de vital importancia los factores emocionales y sociales, lo cual implica tomar en cuenta la relación consigo mismo y con los otros, en función de sus intereses, valores, actitudes y creencias.

La educación tiene como objetivo ofrecer al alumno una cultura común a la que debe tener acceso cualquier ciudadano. En esta clara intención educativa se expresan las aspiraciones de igualdad de oportunidades que deben caracterizar la educación escolar. Esto supone educar en el respeto de las peculiaridades de cada estudiante y en el convencimiento de que las motivaciones, los intereses y la capacidad de aprendizaje son muy distintos entre los alumnos, debido a un complejo conjunto de factores, tanto individuales como de origen sociocultural, que interactúan entre sí.

El reto de la escuela de hoy consiste precisamente en ser capaz de ofrecer a cada alumno el tratamiento pedagógico que él necesite, ajustando cada vez más la intervención educativa a la individualidad de los alumnos.

## **La Capacidad de aprendizaje**

Al referirnos a la capacidad de aprendizaje tenemos en cuenta una formación psicológica de la personalidad que ha de ser ubicada en el sistema regulador ejecutor, es decir, a uno de los modos de actuación que la misma posee. El hombre para ejecutar cualquier actuación requiere en primer lugar de algún elemento movilizador que lo induzca a realizarla, y después tiene que poner en juego sus modos de actuación para poder ejecutarla.

Todo modo de actuación tiene como característica general que antes de su puesta en práctica requiere de una orientación, la cual está constituida por un conjunto de elementos integrados que la determinan. Estos elementos son:

1. Las representaciones anticipadas de los resultados a alcanzar (objetivos generales o parciales).
2. La imagen de las condiciones a que hay que atenerse para lograr los resultados con respecto al contexto (en las cuales hay que actuar)
3. La puesta en juego del sistema de condiciones o recursos propios con los que cuenta para operar (de los que hay que seleccionar cuáles aplicar).

Estas consideraciones llevan a un aspecto de gran importancia en el trabajo del docente y es el relacionado con el conocimiento que debe tener de lo que el niño puede hacer con la ayuda de él o de otros niños, es decir, en una actividad social de interrelación, y lo que el niño ya asimiló y puede realizar sólo de forma independiente, porque ya constituye un logro en su desarrollo (por ejemplo, un conocimiento, una habilidad, una norma de comportamiento o el desarrollo de procesos del pensamiento como el análisis, la síntesis, la generalización, entre otros). Al primer nivel de trabajo - con ayuda- se le ha llamado nivel de desarrollo potencial, este revela las potencialidades del niño para aprender y al otro nivel señalado, es decir, cuando puede trabajar por sí solo se le ha llamado nivel de desarrollo real, es el desarrollo ya alcanzado, ya logrado por el escolar. A la distancia entre estos dos niveles evolutivos de desarrollo se le denominó por Vigotsky "Zona de Desarrollo Próximo", que de ser tenido en cuenta por el maestro, permitirá que lo que es potencial en un momento, se convierta con su acción pedagógica y/o la intervención de otros niños, en desarrollo real del escolar.

Lo anterior significa que al concebir sus clases el maestro tenga en cuenta por una parte el desarrollo alcanzado por el niño, es decir, sus conocimientos, habilidades, pero por otra parte, es necesario y esencial que tenga precisión hacia donde debe lograr un nivel superior de desarrollo, es decir, los objetivos, que expresan el nivel de logros superiores que deben alcanzar sus alumnos. Con ello no solo estará proyectando su aprendizaje en el presente, sino también para el futuro.

La Zona de Desarrollo Próximo, además nos revela, que trabajar con las potencialidades significa propiciar condiciones que le faciliten organizar la actividad de manera que el alumno opere en primer lugar en un plano externo, de comunicación, de relación con los otros, en la cual las acciones que realice le permitan gradualmente interiorizarlas y poder entonces trabajar en un plano independiente de logro ya individual, lo que evidencia que el alumno ha adquirido mediante la vía anterior el procedimiento.

El aprendizaje, como proceso, es un hecho biológico, psicológico y social donde intervienen las potencialidades del sujeto, la motivación para aprender, la calidad de los servicios educacionales, el comportamiento de los mecanismos neurofisiológicos de los procesos de sensopercepción, imaginación, memoria, pensamiento; el desarrollo de la atención, de la psicomotricidad, del lenguaje, de la comunicación que se establece con la familia y el entorno, es por ello que al afectarse cualquiera de estos eslabones se desorganiza el proceso de aprendizaje del sujeto y aparecen las denominadas dificultades en el aprendizaje y como una de las formas de manifestarse la discalculia conocida como dificultad específica en el proceso de aprendizaje del cálculo, que se observa entre los alumnos de inteligencia normal, no repetidores de grados y que concurren normalmente a la escuela primaria pero difícilmente una o varias operaciones matemáticas.

Causadas en ocasiones por problemas Neurológicos:

- Inmadurez: Ritmo lento en la evolución neurológica.
- Lingüística: cuando hay deterioro en los niveles lingüísticos, es deficiente la elaboración del pensamiento y el cálculo se realiza con lentitud, psicógenas: Estados emocionales de la infancia.
- En un niño emotivo hay terreno propio para la aparición de dificultades en el aprendizaje y de ahí en el cálculo matemático, causas genéticas: trastornos en la constitución familiar (abuelos, padres e hijo),
- Pedagógicas: inadecuada organización del proceso docente-educativo, no tener en cuenta las particularidades individuales,
- Deficiencia en el diagnóstico y el seguimiento a sus resultados., métodos de enseñanza inadecuados, ausentismo escolar, condiciones inadecuadas del hogar, y abandono pedagógico entre otras.

- La discalculia se manifiesta en errores en la resta y en la suma, falta de conocimiento de las operaciones básicas de la multiplicación y división, dificultades en el proceso del cálculo con sobrepaso, en la descomposición de números, división inexacta dificultades en el análisis y solución de problemas matemáticos.

Las dificultades en el aprendizaje son un término genérico que designa un conjunto heterogéneo de perturbaciones que se manifiestan por dificultades persistentes en la adquisición y en la utilización de la escucha, de la palabra, de la lectura, de la escritura, del razonamiento o de las matemáticas, o las habilidades sociales, teniendo en cuenta estas características psicopedagógicas nos dimos a la tarea de elaborar una: Aplicación al teléfono móvil dirigida a desarrollar el proceso de aprendizaje de los productos matemáticos.

## Desarrollo

El proceso de educación mediante la instrucción tiene como característica esencial la inserción de la Tecnología Educativa apoyada de la Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC).

(Cabero, 1999) señala, que la Tecnología Educativa es un término *integrador* (en tanto que ha integrado diversas ciencias, tecnologías y técnicas: física, ingeniería, pedagogía, psicología...), *vivo* (por todas las transformaciones que ha sufrido originadas tanto por los cambios del contexto educativo como por los de las ciencias básicas que la sustentan), *polisémico* (a lo largo de su historia ha ido acogiendo diversos significados) y también *contradictorio* (provoca tanto defensas radicales como oposiciones frontales).

Como tendencia pedagógica contemporánea, ésta ha alcanzado una notable difusión en la actualidad, sobre todo por el énfasis en sus ventajas inmediatas y un lenguaje altamente técnico y aseverativo. El centro de su interés consiste en elaborar una "tecnología de la instrucción" similar al concepto de tecnología de la producción material; por ello, la atención se dirige a los métodos y medios más que a los contenidos.

La comprensión de la Tecnología Educativa, como un enfoque integral del proceso de enseñanza aprendizaje considera no sólo los medios de enseñanza de forma aislada sino su lugar y función en el sistema, junto con el resto de los componentes del proceso de enseñanza aprendizaje. Los que defienden este punto de vista señalan que la tecnología educativa permite conjugar todos los elementos del proceso de forma racional. Su objetivo es el de garantizar la práctica educativa en su dimensión global y favorecer la dinámica del aprendizaje.

En el proceso de enseñanza aprendizaje en Cuba predomina la relación hombre-hombre (profesor- estudiante); en el modelo pedagógico actual se han fortalecido las relaciones hombre-máquina (profesor-ordenador) y (estudiante-ordenador) que ofrecen muchas posibilidades. Con el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones el profesor puede ser más eficaz porque tiene otra vía de relacionarse con el estudiante a través de un medio que le brinda información en un formato visualmente atractivo y novedoso al incluir multimedia, sitios Web, y contiene materiales que requiere dominar el estudiante para desarrollar su personalidad integral como futuro profesional de la educación.

Adoptar la definición de Tecnología Educativa, incluyendo la organización sistémica del proceso de enseñanza y los métodos, medios, entre otros componentes, trae como consecuencia su identificación con la Didáctica.

Según Angulo & Juárez Montoya, entre las características que debe asumir la educación asistida por las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, se señalan las siguientes:

1. Situar en el centro del proceso de enseñanza aprendizaje al estudiante, con vistas al logro de una autonomía cada vez mayor, que le permita aprender a aprender y desarrollar el pensamiento crítico, así como, posibilitar su autoaprendizaje de por vida.
2. El estudiante construye su conocimiento en el contexto escolar y fuera de él, resolviendo problemas reales mediante el uso de bibliotecas electrónicas virtuales y centros de intercambio de información por asignaturas con sistemas multimedia.
3. Aprendizaje abierto, enseñanza flexible, lo cual se expresa en diferentes aspectos de la educación, asumiendo como principio operativo que cada persona tiene sus propias posibilidades y características de aprendizaje, ritmos y estilos de aprendizaje específicos.
4. Aprendizaje cooperativo, el cual se ha definido como: "un proceso de aprendizaje que enfatiza el grupo o los esfuerzos de colaboración entre profesor y estudiantes. Destaca la participación activa y la interacción tanto del estudiante como de profesores" Las TIC facilitan el aprendizaje cooperativo para lograr la comprensión, interpretación y apropiación de conocimientos.
5. Cambios en el rol del profesor. Los docentes actuarán facilitando el proceso investigativo de sus estudiantes, serán los organizadores del proceso de aprendizaje y los orientarán en su "navegación", para que puedan enfrentar la sobrecarga de información. La interacción profesor-estudiantes puede ser directa o mediante conferencias informatizadas, asincrónicas o en línea.
6. Trabajar en proyectos como alternativa a las clases convencionales. Esta forma de enseñanza se aplica en universidades y se está introduciendo en la enseñanza media en varios países, como vía de acercamiento entre la instrucción y la investigación. La comunicación multimedia por redes permite que los equipos de estudiantes que componen el proyecto trabajen juntos, independientemente del momento y del lugar donde se encuentren.
7. Los principios de configuración del ambiente de aprendizaje se basarán en un espacio y tiempos asincrónicos, unos ambientes elásticos y una reconstrucción virtual. Lo anterior se añade a las posibilidades de interacción directa y sincronizada, para facilitar el intercambio interpersonal y multipersonal

## **Metodología para utilizar el software educativo “Galaxia de las Matemáticas”**

Antes de usar el software educativo el logopeda o maestro debe tener un diagnóstico sobre los alumnos que han presentado errores en las operaciones de cálculo en multiplicación, división y dificultades en el análisis y la solución de problemas matemáticos, entre otros y conocer las características psicopedagógica del alumno a partir de su caracterización.

Habilidades a desarrollar: Escuchar, analizar, sintetizar, memorizar, diferenciar, calcular, manipulación con el teléfono móvil el control muscular.

Estructura metodológica para utilizar el software educativo “Galaxia de las Matemáticas”.

Conocer las características pedagógica y psicológica del alumno:

1. El maestro debe apoyarse en preguntas del software educativo individual para valorar la comprensión de los productos y sus relaciones.
2. Determinar las características cuantitativas y cualitativas del desarrollo de la comprensión de los productos en los alumnos.

3. Seleccionar las diferentes acciones que ofrece la aplicación al teléfono móvil y trabajar junto al alumno para que se apropie del funcionamiento básico de cada actividad.
4. El alumno va transitando por los niveles que ofrece el software en la aplicación según su interés y conocimiento de los productos lo que hace que el juego sea siempre dinámico y muy interesante.

Para trabajar con el software educativo se utilizan diferentes pantallas a través de las cuales el alumno va trabajando por si solo o dirigido por el maestro con el objetivo de aprenderse los productos de forma asequible y en un orden jerárquico las cuales presentamos a continuación.



Fig. 1 Presentación de la pantalla inicial

### Explicación de la pantalla de presentación

Esta es la pantalla que presenta la aplicación, una vez que se ejecuta el botón “jugar”, aparecerá un cuadro de diálogo donde se debe seleccionar el número para el producto con el cual se va a trabajar o puede hacerlo de forma aleatoria. Esta pantalla permite acceder a la ayuda del sistema donde trabaja el maestro y el alumno pudiendo aprender a jugar, el botón autor permite conocer el nombre de los autores de la aplicación.



Fig. 2. En el juego.



Fig. 3. Un error de cálculo.



Fig. 4 Cálculo correcto.

### Explicación de la pantalla principal

Aparecerán abajo a la izquierda cinco naves que significan las veces que puede equivocarse para no perder y un número con el producto que se va a trabajar, a la derecha está la pregunta que debe ser respondida disparando a una nave presionando sobre esta, en caso de que la respuesta sea correcta aparecerá un mensaje de "Correcto" (imagen 1) en caso contrario el mensaje será "Error" (Imagen 2) y perderá una vida, aparece

primeramente un primer nivel donde el alumno puede repasar los productos en orden del uno(1) al(10 ) y un segundo nivel donde el resultado está desordenado para lograr un mejor aprendizaje de los productos y que el juego no sea aburrido donde el niño no se aprenda el juego de memoria y si los productos matemáticos, el juego termina cuando se respondan de manera correcta todas las preguntas del primer y segundo nivel de la aplicación felicitando al usuario (Imagen 3) o cuando se pierdan todas las vidas.

## Resultados

El software educativo que se propone a partir de la aplicación al teléfono móvil, permitió una mejor utilización de la tecnología de la comunicaciones ya que es fácil de llevar consigo y aplicar por los alumno y su la familia dando respuesta a las necesidades que presentan los logopedas y maestros para la trabajar el proceso de aprendizaje de los productos en los alumnos con discalculia desde los primeros grados a través de los medios informáticos y los teléfonos móviles pudiendo definir las ayudas que se pueden insertar desde el proceso de enseñanza y aprendizaje a favor de prevenir las dificultades en el cálculo matemático.

Con la utilización del software educativo aplicado al teléfono móvil creado por los autores de 35 alumnos que presentaba dificultades en la multiplicación y división, provocadas por el poco dominio de los productos básicos, los 35 superaron su trastorno y permitió a los logopedas y maestros de las escuelas de los consejos populares de Río Feo y Santa Fe en donde se aplicó el software educativo dando respuestas a las necesidades que allí se presentaron y poder definir las ayudas que se pueden insertar desde el proceso de enseñanza y aprendizaje a favor de prevenir los trastornos en la discalculia.

## Conclusiones

EL software educativo que se propone, permite dar respuesta a las necesidades que presentan los logopedas y maestros para trabajar el proceso de aprendizaje de los productos en los alumnos con discalculia de los primeros grados a través de los medios informáticos y poder definir las ayudas que se pueden insertar desde el proceso de enseñanza y aprendizaje a favor de prevenir los trastornos de la discalculia.

La aplicación del software educativo se pudo constatar que genera un alto nivel de motivación en los alumnos y posibilita la interactividad con el teléfono móvil, desarrollando habilidades de analizar, identificar, sintetizar, razonar y calcular en la multiplicación y división de números naturales.

## Bibliografía

1. Cabero, J. La evaluación de los medios audiovisuales y materiales de enseñanza. Barcelona: Graó-ICE. 1999.
2. Pastor Angulo, M.; Juárez Montoya, E. (2009). Tecnología, innovación e investigación educativa. Recuperado el 10 de enero de 2014, de: <http://ezequieljm2008.blogspot.com>
3. Colectivo de autores. Fundamentos de la investigación educativa: Maestría en ciencia de la educación.-La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2017.
4. Matos, CC. [et al]. Sugerencias didáctico – metodológicas para fortalecer el proceso de enseñanza – aprendizaje desarrollador en sexto grado de la Educación primaria. - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2018.

5. G, R.R. Sugerencias de trabajo metodológico para el fortalecimiento de la matemática en quinto grado.. - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2015.
6. Pérez, R. G. ... [et al]. Metodología de la investigación educativa. Primera parte. / - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2015.
7. Garro, M. Y. [et al]. Ejercicios de matemática, Ciencias Naturales y Lengua Española sexto grado, / - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2016.
8. Rodríguez, B. M.C. [et al]. Cuaderno de trabajo, actividades complementarias segundo y cuarto grados./ - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2019.
9. Gonzáles, M. V. [et al]. Psicología para educadores - La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 2016.
10. Labañino, C. R. Programa y orientaciones. Metodológicas de computación, 2016.

## Anexos



## Acercando las tecnologías a las aulas, acelerando el aprovechamiento escolar

Felipe de Jesús Orozco Luna <sup>1</sup>, Maximiliano Morya Catalán Mendoza <sup>2</sup>,  
Verónica Lizette Robles Dueñas <sup>3</sup>

1 Estudiante en el Doctorado en Tecnologías de la Información,  
Universidad de Guadalajara, México  
forozco@cads.udg.mx

2 Estudiante en la Maestría en Cómputo Aplicado  
Universidad de Guadalajara, México  
[maximiliano.catalan5785@alumnos.udg.mx](mailto:maximiliano.catalan5785@alumnos.udg.mx)

3 Responsable del Centro de Análisis de Datos y supercómputo CADS  
Universidad de Guadalajara, México  
lizette@cads.udg.mx

### Resumen

En el proceso de enseñanza - aprendizaje en ámbitos universitarios de pregrado y postgrado, existen retos en el uso de las herramientas y aplicaciones informáticas con respecto a las diversas materias y/o cursos que los estudiantes cursan. El tipo de reto al que nos enfocamos a resolver y/o mitigar es cómo acelerar el aprovechamiento en clase y que este no se vea obstaculizado en invertir demasiado tiempo en instalar y configurar aplicaciones en diversos entornos operativos.

**Palabras Clave:** Contenedores, clases virtuales, aulas virtuales, acercamiento tecnológico, aprovechamiento escolar.

**Eje temático:** Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea. Tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores. Servicios incluyentes y accesibles como componente en la universidad “repensada”. Soluciones e implementaciones disruptivas que posibiliten cambios en la universidad en el apartado de Laboratorios remotos.

## **Introducción**

La Universidad de Guadalajara inauguró en octubre del 2018 el Centro de Análisis de Datos y Supercómputo CADS, con el objetivo de ser un espacio para acercar las tecnologías de información y comunicación a la comunidad universitaria, además de proporcionar herramientas que apoyaran el proceso de enseñanzas y se incrementará la producción científica de la universidad.

El CADS cuenta con la infraestructura de Supercómputo de la Universidad de Guadalajara, además de ser un centro con acceso a redes de gran velocidad y grandes capacidades de almacenamiento. Buscando así poder ser un referente nacional, no solo por la infraestructura tecnológica, sino también por el talento humano capaz de dar soluciones a problemas complejos y de impacto social en la región y el país.

Para poder dar atención a los proyectos que demanda el CADS, se buscó poder crear un plan de capacitación para la comunidad Universitaria, con el fin de acercar las herramientas tecnológicas que permitirían atender los problemas que demandaban el análisis y procesamiento de grandes volúmenes de datos y poder aprovechar la infraestructura instalada.

Durante el primer año de trabajo se tuvieron más de 40 cursos de capacitación [1] contando con el apoyo de profesores de la universidad y especialistas en el tema, además se tuvo una asistencia de más de 700 personas, entre la comunidad universitaria, la iniciativa privada y algunas dependencias de gobierno. Al identificar la gran demanda y necesidad de capacitación, se habilitaron una serie de equipos de otros centros de datos de la universidad para poder utilizarlos como laboratorios y ambientes de capacitación y poder facilitar esta actividad a través de herramientas de contenedores como “Dockers”.

Para atender las necesidades de trabajo, durante el 2020, se siguió trabajando con los contenedores para facilitar el proceso de enseñanza - aprendizaje a distancia durante la pandemia, apoyando a dos carreras de posgrado y la realización del Diplomado de Análisis de Datos y Supercómputo, viendo así la necesidad de formalizar el uso de contenedores como herramientas de apoyo, lo cual permite que enfocarnos en la capacitación de herramientas de modelado de datos, análisis de información, programación, inteligencia artificial en lugar de trabajar con los retos que conlleva la configuración e instalación de cada una de las herramientas.

## **Justificación**

Con las experiencias que se ha vivido a través de los cursos impartidos en el CADS, así como con las experiencias que he compartido con profesores e investigadores dentro de la Universidad de Guadalajara, queda demostrado que existen dificultades cuando los estudiantes se enfrentan a la instalación de nuevas aplicaciones que son necesarias para la realización de laboratorios prácticos de algún curso.

¿En qué consisten estas dificultades? Dificultad en la instalación y configuración de la aplicación o aplicaciones que serán utilizadas para el curso. Dificultad por la diversidad de sistemas operativos posibles en los equipos de los alumnos, así como la diversidad de versiones posibles de sistemas operativos; diversidad de hardware. Dando como resultado en algunas ocasiones muchas dificultades en el proceso de instalación y configuración de las herramientas y/o aplicaciones, aumentando la complejidad en proceso

de enseñanza aprendizaje, ya que se puede invertir mucho tiempo en dejar a punto las herramientas y/o aplicaciones a utilizar, absorbiendo mucho tiempo al profesor en asesorar o buscar resolver el problema al alumno, y por otra parte en el alumno frustración y hasta pérdida de interés en el uso de estas aplicaciones.

Un caso muy notorio de este tipo de dificultades está muy difundido en la internet bajo el tema de: “Matrix from Hell” que de manera gráfica expone las dificultades posibles y muy probables en el uso de aplicaciones y librerías ante la diversidad de oferta en hardware, software y versiones de sistemas operativos. Ver figura 1 de: Matrix from Hell

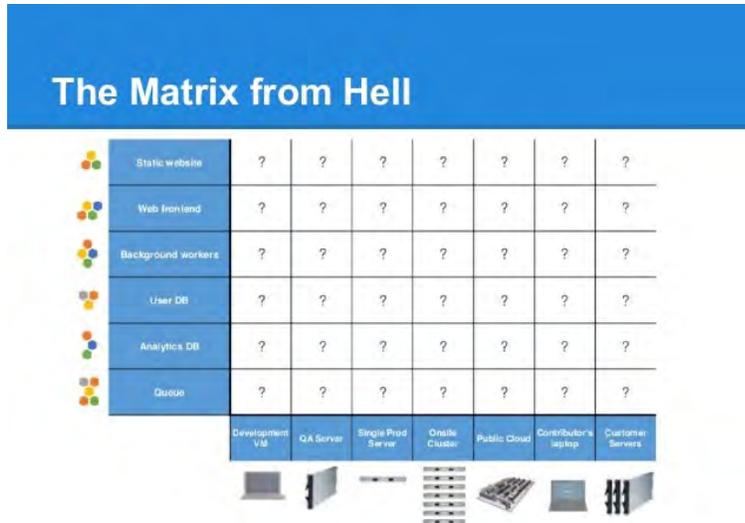


Figura 1. Matrix que tiene por objeto ilustrar el hecho de las dificultades inherentes de creación de herramientas a través de una diversidad de hardware, sistemas operativos y stacks de desarrollo. Imagen que se ha hecho viral en la red, y que ha dificultado el hecho de encontrar su cita original.

Gracias a las experiencias adquiridas en los cursos impartidos en CADS, se ha logrado sensibilizar de este tipo de dificultades, aunando el hecho de que la mayoría de los participantes no son del área de tecnologías pero que sí están totalmente interesados en el uso de aplicaciones y/o herramientas.

### Modelo de solución

Ante este tipo de dificultades las tecnologías de contenedores existentes resuelven parcialmente o totalmente este tipo de dificultades asegurando el funcionamiento de aplicaciones y/o librerías independientemente de hardware y de los sistemas operativos.

Existen también iniciativas internacionales que a través del uso de tecnologías de contenedores y con la creación de bibliotecas de software científico / pedagógico / académico, donde se permite a los alumnos usar imágenes de contenedores pre elaboradas, con el fin de poderlas utilizar en una gran cantidad de cursos de pre grado o postgrado y para prácticamente todas las áreas de la ciencia.

Un caso de ello se puede revisar en la iniciativa Bioinformatics Docker Images Project <https://pegi3s.github.io/dockerfiles/soportado> por: Phenotypic Evolution Group (pegi3s) y el Instituto de Biología Molecular e Celular (IBMC) / Instituto de Investigação e Inovação em Saúde da Universidade do Porto (i3S). Donde un grupo de Universidades e Institutos colaboran en el mantenimiento, resguardo y creación de imágenes de contenedores de aplicaciones científicas orientadas al área de biotecnología para acelerar el uso de las aplicaciones a los investigadores.

El modelo de solución que estamos proponiendo y que ya hemos comenzados a hacer pruebas de concepto y funcionales es que, a través del uso de las tecnologías de contenedores, con la selección, preparación y utilización de imágenes de contenedores Docker y/o Singularity disponibles de herramientas y aplicaciones científicas y académicas, es crear un modelo en el que se integren: Aplicaciones - Materiales del curso del Profesor - Materiales de trabajo del alumno. Y que bajo este modelo un profesor pueda estar diseñando cursos, compartirlo a los alumnos y los alumnos puedan tener acceso de manera fácil, rápida a un entorno de clase en la que ya están disponibles las herramientas informáticas a utilizar, así como los materiales del profesor. Evitándose la complejidad y dificultad del proceso de instalación y configuración de las herramientas.

Este modelo tiene la intención de usarse para que los profesores puedan compartir de manera muy sencilla sus cursos y que los alumnos puedan estar utilizando este modelo de uso y apropiación de la tecnología para facilitar, potenciar y acelerar su proceso de aprendizaje, ver figura 2.

#### Modelo de ContainerTeachingTools.

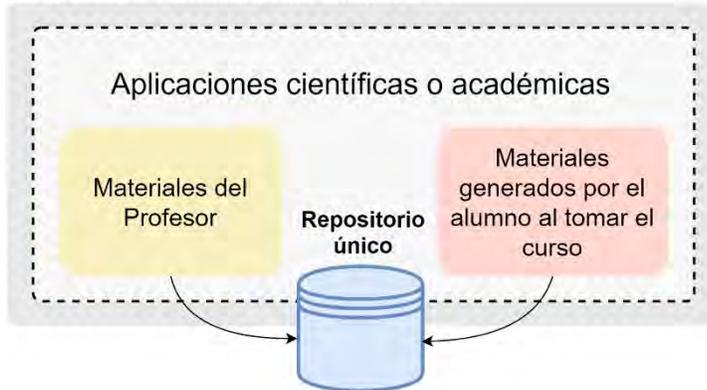


Figura 2. Estructura básica del modelo de **ContainerTeachingTools**

#### Solución: **ContainerTeachingTools**

El objetivo del framework **ContainerTeachingTools** es facilitar el uso de herramientas y/o aplicaciones dentro de los contenedores Docker y Singularity, junto con los materiales de un curso o laboratorio escolar de una manera fácil y rápida.

Esta herramienta facilitará a los estudiantes de pregrado y postgrado, profesores y aún a los investigadores el uso y accesibilidad de las aplicaciones informáticas que usan en sus cursos prácticos y de laboratorio.

La finalidad de esta herramienta es eliminar la complejidad de la instalación y configuración de las aplicaciones, además de integrar los materiales del curso que el profesor ha preparado en un solo paquete para que fácilmente sea compartido e implementado por los demás profesores. Asimismo, se agrega la gran ventaja de que solo se debe ejecutar una librería Python junto con la identificación del curso para crear de manera automática un ambiente de laboratorio totalmente funcional. En este entorno estarán listos todos los recursos para utilizar las herramientas o aplicaciones informáticas, junto con el material ya preparado del profesor, en un espacio identificado para que el alumno deposite el trabajo realizado para este curso.

La intención es que el alumno ejecute la librería **ContainerTeachingTools**, y pueda tener un ambiente listo en minutos para comenzar a aprender y comenzar hacer uso de las aplicaciones informáticas, independientemente del hardware, sistema operativo, y versiones del sistema operativo. Teniendo el material del curso, todo para acelerar su proceso de aprendizaje y mejorar su aprovechamiento escolar.

Esta herramienta intentará resolver todos los problemas encontrados de manera automática al momento de su implementación para que el usuario pueda hacer uso de distintas herramientas en contenedores. Esto con el fin de que los usuarios que no estén familiarizados con este tipo de tecnologías puedan comenzar a realizar pruebas en contenedores rápidamente y sin comprometer la reproducibilidad de sus proyectos.

**ContainerTeachingTools** provee una arquitectura donde cada curso es una instancia. Cada una de estas instancias está compuesta por un contenedor con la aplicación científica o académica que se probará y tendrá acceso a los materiales originales del profesor. Asimismo, el usuario podrá generar nuevos materiales dentro del contenedor. Como este contenedor y el sistema operativo cliente comparten el mismo repositorio, los resultados están sincronizados en tiempo real. Todo este proceso está orquestado por una única librería Python.

Este **framework** está escrito en Python 3 y debe ser ejecutado con este mismo. El propósito de utilizar Python como lenguaje de programación es principalmente su portabilidad en diferentes sistemas operativos. El objetivo a futuro de esta herramienta es que pueda ser ejecutada en distintos ambientes y poder implementar los contenedores de prueba sin depender tanto de los recursos del sistema. La arquitectura de la herramienta se muestra en la figura 3.

Arquitectura de una instancia de **ContainerTeachingTools**.

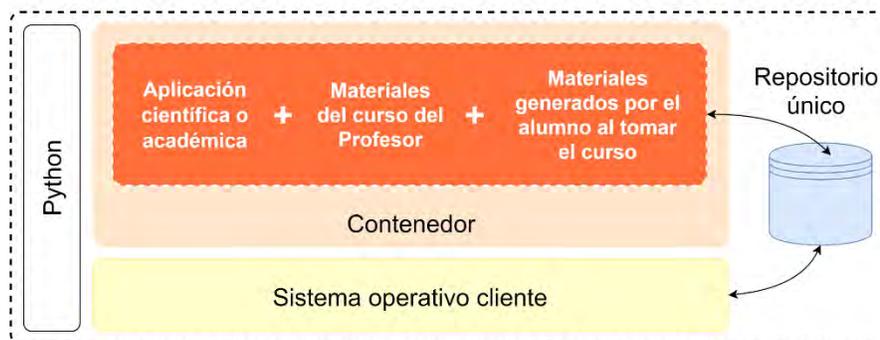


Figura 3. Arquitectura de una instancia de desarrollo de **ContainerTeachingTools**

Actualmente, este framework está soportado solo para sistemas Linux basados en Debian, y se recomienda que sea ejecutado en un sistema Ubuntu 20.04. A pesar de esto, se espera que en un futuro esta herramienta corra en distintos sistemas operativos sin tener problemas de dependencias. En este momento se están haciendo pruebas con un mayor número de versiones de distribuciones de Linux, Windows y Mac.

El objetivo de este framework es tener la posibilidad de usar gran cantidad de aplicaciones científicas y/o académicas, que el usuario pueda especificar cualquier herramienta que esté soportada como tecnología contenerizada y desplegarla en minutos. De esta manera **ContainerTeachingTools** servirá como un soporte para que cualquier educador o investigador realice pruebas con proyectos de manera rápida y sin errores. La forma en que la imagen del contenedor se descarga es a través de servicios públicos como docker hub o singularity hub, o bien, a través de repositorios locales donde el alumno o investigador tiene almacenada una imagen privada.

En general, un desarrollador, ya sea profesor, investigador o cualquier tercero, podrá proveer la imagen necesaria para ser utilizada en el curso a diseñar. En la figura 4 se describe el proceso a ser seguido para diseñar una imagen de un contenedor y como esta pueda estar alojada en la nube para que este disponible para su descarga y uso.

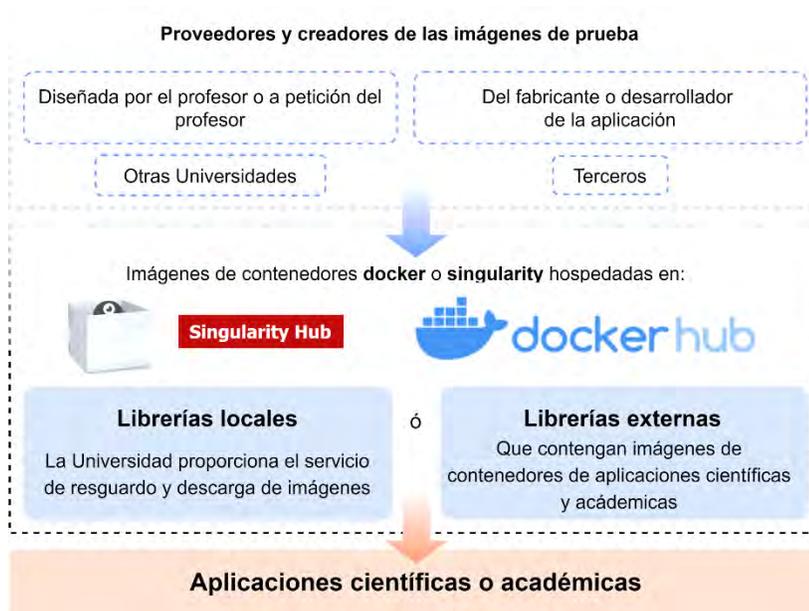


Figura 4. Diagrama de provisión de aplicaciones científicas o académicas para **ContainerTeachingTools**

Por defecto, el framework **ContainerTeachingTools** utilizará un contenedor con una imagen Ubuntu que despliega la herramienta Orange Data Mining (versión 3.23, <https://orangedatamining.com>). Orange DM es un conjunto de herramientas de visualización de datos, aprendizaje automático y minería de datos.

Se eligió Orange como herramienta desplegada por defecto porque es un

software de código libre que cuenta con una interfaz de programación visual para el análisis rápido de datos cualitativos y la visualización interactiva de datos. Orange ofrece diferentes artefactos llamados widgets. Estos son componentes básicos que ofrecen distintos tipos de análisis de datos que se ensamblan en el entorno de programación visual. Existen widgets para agregar tablas SQL, redes neuronales, regresiones, matrices de confusión, analíticas de imágenes, etcétera.

La ventaja de utilizar **ContainerTeachingTools** es que con un comando se podrá desplegar el contenedor con Orange y se abrirá automáticamente una sesión de VNC o una ventana en el navegador y empezar a trabajar y hacer pruebas en tan solo unos minutos. Además, este framework permite parametrizar distintas variables para customizar la instalación de algún contenedor.

Otra ventaja de utilizar este framework es que automáticamente descargará las utilerías y software necesarios para desplegar los contenedores del usuario. Es decir, si el sistema no cuenta con una versión activa de docker, git, vncviewer, etcétera, **ContainerTeachingTools** las instalará una por una sin la necesidad de que el usuario ejecute comandos manualmente.

La herramienta ContainerTeachingTools provee 7 distintas acciones:

- **Start.** Esta acción inicia un contenedor docker. La imagen del contenedor se instalará si no está descargada en el sistema. Si el contenedor, dado su nombre, ya existe en el sistema, este se abrirá en una nueva sesión VNC o en el navegador.
- **Stop.** Esta acción detiene la ejecución de un contenedor dado su nombre.
- **Remove.** Esta acción elimina un contenedor dado su nombre.
- **Add user.** Esta acción agrega a un usuario existente en el sistema al grupo docker, con la finalidad de que dicho usuario pueda ejecutar comandos de docker sin necesidad de tener privilegios de administrador (root).
- **Show containers.** Esta acción muestra todos los contenedores que han sido creados en el sistema.
- **Show images.** Esta acción muestra todas las imágenes de los contenedores que han sido descargadas en el sistema.
- **Delete image.** Esta acción remueve una imagen de un contenedor dado su nombre.

**ContainerTeachingTools** puede recibir como parámetro el nombre de un repositorio git proveído por la Universidad local o por terceros, para que pueda ser clonado en un nuevo contenedor. Cuando esto suceda, se creará una copia del repositorio en un directorio local y este se sincronizará con un directorio dentro del contenedor. De esta manera, se podrán seguir actividades creadas por el educador y los usuarios tendrán acceso de forma automática a los elementos del repositorio. Cuando el usuario genere resultados, estos serán visibles en la máquina local en tiempo real.

En la figura 5 se describe como se deben integrar los materiales del profesor en dentro de la tecnología “git” para que pueda integrarse a **ContainerTeachingTools**



Figura 5. Sincronización de un repositorio git con **ContainerTeachingTools**.

Para seguir una estructura estándar y tratar de mantener un diseño uniforme en las prácticas y análisis de los alumnos, ContainerTeachingTools genera un identificador para nombrar el directorio de trabajo del contenedor creado. Para esto, la herramienta

necesita tres parámetros distintos (ver figura 6):

**ID educador.** 4 caracteres (letras o números enteros) para identificar al educador del curso.

**ID curso.** 4 caracteres (letras o números enteros) para identificar al curso.

**Versión del curso.** 2 números enteros para identificar la versión del curso.

#### Token de curso de ContainerTeachingTools.



Figura 6. Token de curso ContainerTeachingTools.

Con estos parámetros se generará un token el cual servirá para crear la estructura del directorio en el cual se sincronizará la máquina física y el contenedor. La nomenclatura que **ContainerTeachingTools** sigue es la siguiente:

```
<Directorio local>/ContainerTeachingTools/<Herramienta de prueba>/<ID educador>.<ID curso>.<Versión del curso>/
```

Dentro de este directorio se crearán otros dos:

**course\_sources.** Directorio de fuentes. Se espera que este directorio contenga los recursos y materiales del curso o del laboratorio. Si se especifica un repositorio de git, este directorio contendrá dicho repositorio clonado.

**my\_workspace.** Directorio de resultados. Directorio en el que se espera que el usuario genere sus resultados.

Por ejemplo, si el usuario especifica los siguientes parámetros:

Directorio local: /tmp/local\_repo.

ID educador: OLRU.

ID curso: BI01.

Versión del curso: 21.

**ContainerTeachingTools** creará los siguientes dos directorios de pruebas:

```
> /tmp/local_repo/ContainerTeachingTools/Orange_3.23/OLRU.BI01.21/course_
sources
> /tmp/local_repo/ContainerTeachingTools/Orange_3.23/OLRU.BI01.21/my_wor
kspace
```

En la figura 7 se muestra el ciclo de creación de un curso en **ContainerTeachingTools**.

desde la integración de aplicaciones y materiales seleccionados por el profesor su integración y alta en **ContainerTeachingTools**, y como es utilizado por los alumnos.

Ciclo de creación del curso en **ContainerTeachingTool**.

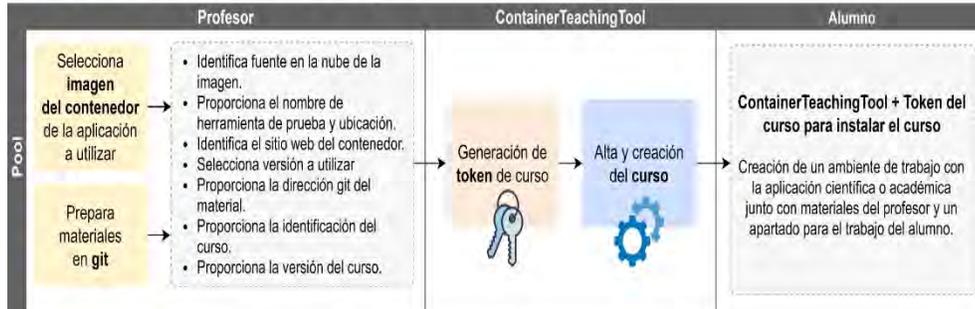


Figura 7. Ciclo de creación de un curso educativo o de investigación en **ContainerTeachingTools**.

Utilizando estos mismos parámetros, a continuación se muestran algunas imágenes que resultaron de la ejecución de las acciones más importantes de este framework.

La figura 8 muestra la creación de un contenedor con Orange (con nombre `orangedm` por defecto) cuando esta imagen no está descargada en el sistema.

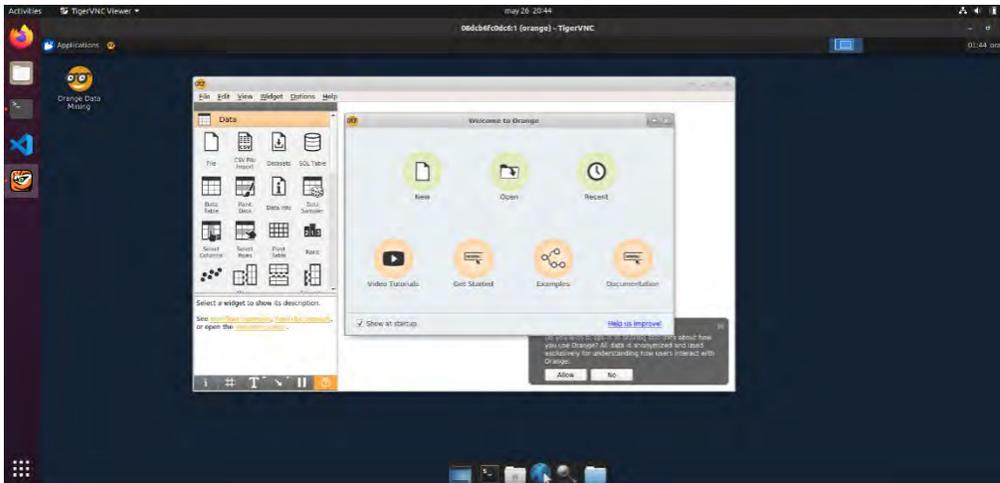


Figura 8. Imagen de ejemplo de cuando el contenedor está instanciado con la aplicaciones de Orange Data Mining de Biolab.

El comando ejecutado es el siguiente:

```
python3 cttools.py -start -vnc --local_dir /tmp/local_repo --id_educator olru --id_course bi01 --course_version 21
```

El framework automáticamente detectará que la imagen no existe y la descargará. Como la opción -vnc fue especificada, ContainerTeachingTools abrirá una sesión VNC con el contenedor activo. Ver la figura 9 para un ejemplo de lo que se estará mostrando en pantalla en este punto.

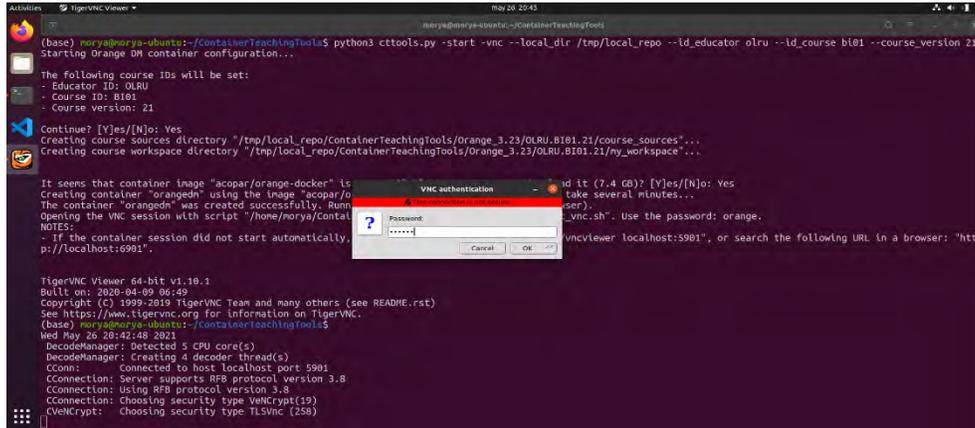
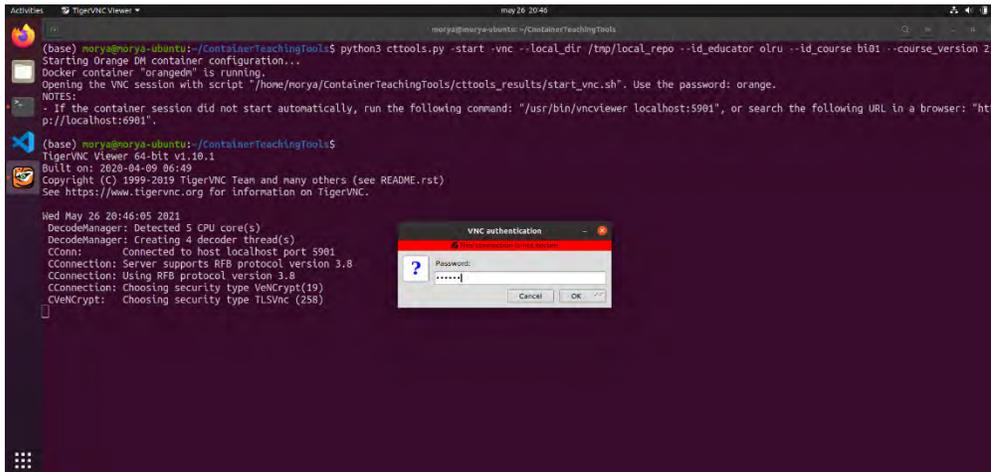


Figura 9. Imagen de ejemplo de cuando el contenedor está instanciando con las aplicaciones de Orange Datamining de Biolab.

Si se cierra la sesión del contenedor y se vuelve a ejecutar el mismo comando, ContainerTeachingTools detectará que el contenedor de pruebas (orangedm) ya existe y lo abrirá sin descargar la imagen de Orange. Esto se muestra en la imagen 10. De tal forma que cuando es la primera vez que se quiere correr la herramienta para preparar el entorno del curso, se tardará un poco porque está revisando si ya tiene disponible la imagen del contenedor a usar, pero una vez que esta imagen ya está descargada, al usar la herramienta ContainerTeachingTools se mandará a ejecutar el contenedor y será muy rápido el acceso.

Figura 10. Volviendo a ejecutar la aplicación sin volver a descargar e instalar imagen del contenedor.



Las opciones que **ContainerTeachingTools** soporta son las siguientes que se muestran en la figura 11:

```
python3 cttools.py \  
-h|--help  
-add_user  
  [-r <path>|--results_path <path>]  
  [-u <username>|--user <username>]  
-start  
  [-r <path>|--results_path <path>] [-silent]  
  [-vnc] [-browser]  
  [-n <container_name>|--container_name <container_name>]  
  [--local_dir <path>]  
  [--virtual_dir <path>]  
  [--vnc_port <port_number>]  
  [--browser_port <port_number>]  
  [--git_repo <repo_name>]  
  [--id_educator <id>]  
  [--id_course <id>]  
  [--course_version <version>]  
-stop  
  [-r <path>|--results_path <path>] [-silent]  
  [-n <container_name>|--container_name <container_name>]  
-remove  
  [-r <path>|--results_path <path>] [-silent]  
  [-n <container_name>|--container_name <container_name>]  
  [--force]  
-show_containers  
-show_images  
-delete_image  
  [-r <path>|--results_path <path>] [-silent]  
  [-i <image_name>|--image_name <image_name>]
```

Figura 11. Listado de parámetros disponibles en la herramienta

## Trabajo futuro. Actualmente en proceso de desarrollo y prueba.

Actualmente se está trabajando en un modelo de multi-instancias, en el cual cada una de las instancias representa un único curso donde se puede utilizar un contenedor distinto a los demás. En esta arquitectura **ContainerTeachingTools** genera un token único para identificar a cada uno de los repositorios del curso, los cuales están almacenados en el sistema operativo del usuario y se sincronizan con cada uno de sus contenedores.



Imagen 12. Arquitectura de múltiples instancias de cursos de ContainerTeachingTools.

## Sección de Referencias

Los logotipos de las empresas de software Singularity Hub, Docker Hub, GitHub, git, Bitbucket y GitLab, utilizados en los diagramas adjuntos en este artículo (figura 4 “Diagrama de provisión de aplicaciones científicas o académicas para ContainerTeachingTools” y figura 6 “Sincronización de un repositorio git con ContainerTeachingTools”), son propiedad de sus fabricantes.

Logotipo Singularity Hub recuperado de <https://singularityhub.github.io/singularityhub-docs/>.

Logotipo Docker Hub recuperado de <https://www.docker.com/company/newsroom/media-resources>.

Logotipo GitHub recuperado de <https://logos-world.net/github-logo>.

Logotipo git recuperado de <https://git-scm.com/downloads/logos>.

Logotipo Bitbucket recuperado de <https://freesvg.org/bitbucket-rgb-blue>.

Logotipo GitLab recuperado de <https://about.gitlab.com/press/press-kit>.

Figura 7. Icono recuperado de <https://iconscout.com/icon/key-keys-access-entry-lock-unlock-open-4>.

Figura 8. Íconos recuperados de <https://iconscout.com/icon/key-keys-access-entry-lock-unlock-open-4>, <https://www.pinclipart.com/maxpin/iTJJmb>

Figura 12. Íconos recuperados de <https://iconscout.com/icon/key-keys-access-entry-lock-unlock-open-4>, [https://www.iconfinder.com/icons/3790083/data\\_database\\_storage\\_repository\\_file\\_store\\_icon](https://www.iconfinder.com/icons/3790083/data_database_storage_repository_file_store_icon).

## **Agradecimientos**

Agradecemos las facilidades brindadas al proyecto por parte del Centro de Análisis de Datos y Supercómputo (CADS) de la Universidad de Guadalajara.

Los autores agradecen el apoyo del Ing. Celina Lara por su apoyo en la configuración de las máquinas virtuales que permitieron hacer laboratorios de pruebas.

## **Referencias**

1. Baptista, R. C. (2020). Emociones positivas al explorar y descubrir: estrategias para el desarrollo de literacidad científica en estudiantes de pregrado. En Emociones y aprendizaje. Guadalajara Jalisco, México: Universidad de Guadalajara.

## Soluciones tecnológicas para dinamizar los procesos de investigación científica a través de entornos de tutoría virtual

Jorge Mesa Vazquez<sup>a</sup>, Ramón Alarcón Borges<sup>b</sup>, Rogelio García Tejera<sup>c</sup>,

<sup>a</sup> Universidad de Oriente, Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras,  
Sede Julio Antonio Mella, Avenida Las  
Santiago de Cuba. CP 90900. Cuba  
jorge.mesa@uo.edu.cu

<sup>b</sup> Universidad de Oriente, Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras,  
Sede Julio Antonio Mella, Avenida Las  
Santiago de Cuba. CP 90900. Cuba  
ralarcon@uo.edu.cu

<sup>c</sup> Universidad de Oriente, Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras,  
Sede Julio Antonio Mella, Avenida Las  
Santiago de Cuba. CP 90900. Cuba  
rogelio.garcia@uo.edu.cu

### Resumen

El trabajo que se presenta, muestra una experiencia de tutoría virtual de tesis de posgrado como alternativa y/o solución tecnológica al trabajo remoto en procesos de investigación científica. El objetivo principal del estudio estuvo encaminado en determinar la viabilidad y eficiencia de esta modalidad de asesoría académica en la educación superior posgraduada a través de soluciones implementadas en la infraestructura tecnológica de la universidad. El contexto en el que se desarrolló el estudio fue la Maestría en Virtualización de Procesos Formativos y en Manejo Integrado de Zonas Costeras de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, Cuba. Como aspectos más relevantes se pueden destacar la integración de diversas soluciones tecnológicas al **Entorno Virtual de Enseñanza - Aprendizaje (EVEA)** implementado en la plataforma Moodle de la universidad que permitió un trabajo remoto para la tutoría virtual, integrando las tecnologías, *Jitsi Meet, Irium WebCam, Droid Cam, Formularios de Google, LimeSurvey* y *NextCloud*.

**Eje Temático:** Tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores.

## **Introducción**

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), y el perfeccionamiento acelerado que se ha planteado en los últimos años, ha cambiado la forma en que se concibe, planifica, ejecuta y evalúan, los procesos de enseñanza - aprendizaje, demostrando potencialidades para diversificar y generalizar los modos de actuación en la actualidad, (Rodríguez et al. 2019). Dichas tecnologías, han traído consigo, además, la necesidad de repensar o replantear cambios de paradigmas educativos, aprender y desaprender métodos de enseñanza, nuevos modelos pedagógicos, novedosos escenarios de formación, en los que es necesario plantear, innovaciones, que permitan a los actores de los procesos formativos estar en el contexto de dichos progresos, en una actualidad irreversible.

Las universidades no han quedado aisladas, continuamente están modernizando sus entornos de formación, para mejorar los procesos docentes, y proveer una educación de calidad y una formación integral en la que se han incluido gradualmente los avances de las TIC en todos sus procesos. Hablar en el siglo XXI, de formación como proceso, y de tecnologías de información y comunicaciones, indudablemente nos remite a diversas categorías muy recurrentes en numerosos estudios científicos, como son, educación virtual, educación a distancia, aprendizaje virtual, tutor virtual, entre otras. Estas categorías incluyen a los diversos participantes que forman parte indisoluble del proceso de formación, sin embargo, en este estudio, se pretende acercar la mirada al tutor, ya que constituye uno de los principales actores en la educación virtual en la actualidad.

En las últimas décadas, se ha innovado y desarrollado diversas investigaciones enfocadas a profundizar en el papel actual del tutor en la educación superior y las nuevas modalidades que imponen las nuevas tecnologías en este proceso. Según afirman García-López et al., la ANUIES (Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior), define la tutoría, “como un proceso de acompañamiento durante la formación de los estudiantes, con atención personalizada a un alumno o a un grupo reducido de alumnos, por parte de profesores competentes, apoyándose más en las teorías del aprendizaje que en las de enseñanza” (2012, p. 1). Estos autores plantean, que el tutor es el docente encargado de orientar, asesorar y acompañar al estudiante durante su proceso de formación, para guiarlo hacia una formación más integral y estimulando en él, la capacidad de ser el principal responsable de su propio aprendizaje y formación.

En la literatura consultada, se pudo evidenciar, que existen pocas experiencias de los procesos de tutoría en la modalidad virtual en tesis de grado en la literatura consultada. Generalmente, el éxito en el desarrollo de las tesis de grado, tiene una gran influencia de diversos factores en el que sin lugar a dudas influye, la buena comunicación entre todos los actores que intervienen en dicho proceso, la distancia que media entre los tutorados y el tutor como actores fundamentales en ocasiones se convierte en una problemática a la hora de intercambiar ideas, avances y resultados, entre otros, es en este punto, donde la modalidad virtual y los avances de las TIC en la actualidad, proponen un nuevo espacio para dinamizar el proceso de investigación científica, enfocado fundamentalmente en la tutoría virtual.

## **Problemática que conllevó a la propuesta:**

Un estudio realizado, enfocado en determinar si la universidad contaba con la infraestructura tecnológica suficiente para enfrentar procesos de tutoría virtual, así como a delimitar si existían experiencias previas y el nivel de competencias tecnológicas para enfrentar dicho proceso; ha evidenciado, que si bien la utilización del Entorno Virtual de Enseñanza - Aprendizaje (EVEA), ha aumentado durante los últimos años, y diversificado su uso, se siguen presentando insuficiencias y retos en los que seguir profundizando; entre ellos se destacan, los siguientes aspectos:

- Limitaciones en la preparación didáctica - tecnológica de investigadores y tutores de posgrado para hacer frente a los desafíos de la tutoría virtual.
- Limitaciones en la conectividad a internet que influyen en la utilización de herramientas tecnológicas estándares para la formación e investigación de posgrado.
- Poca integración y desconocimiento de herramientas tecnológicas disponibles en la intranet universitaria que tributen a perfeccionar el trabajo remoto de los investigadores.
- Insuficientes habilidades didáctico tecnológicas para adaptar un espacio virtual en la plataforma Moodle como entorno virtual de tutoría en línea.

Lo anterior expuesto a determinar como objetivo de la propuesta, analizar la implementación de soluciones tecnológicas para la tutoría virtual como alternativa para dinamizar los procesos de investigación científica a través de soluciones para el trabajo remoto como un reto en la formación profesional docente en la actualidad.

El presente estudio se basó en una experiencia aplicada de tutoría de tesis de maestría realizada desde la virtualidad durante el período de septiembre de 2016 a julio de 2020. Durante el tiempo de la asesoría, los maestrantes estuvieron ubicados en diferentes sedes de la Universidad de Oriente. La interacción tutor-tutorados fue realizada desde un EVEA (Entorno Virtual de Enseñanza - Aprendizaje) diseñado por los autores de este estudio en la plataforma Moodle alojada en los servidores de la propia universidad. El contexto utilizado fue el Programa de Maestría en Virtualización de Procesos Formativos Universitarios, del Centro de Estudios “Manuel F. Gran” y la Maestría en Manejo Integrado de Zonas Costeras del Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras, ambos programas de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, Cuba.

Es difícil comenzar hablar de la tutoría virtual, sin establecer un punto de partida en los *Entornos Virtuales de Enseñanza - Aprendizaje* (EVEA), espacio o modalidad en el que, por medio de los avances de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, se desarrollan las novedosas modalidades de enseñanza - aprendizaje en la actualidad. La literatura científica, publicada en los últimos años por diversos autores especialistas en la temática, han aportado numerosas contribuciones entorno a la materia, por lo que es común encontrar, disímiles términos para referirse a la categoría antes mencionada. Por lo que es común encontrar autores que hacen referencia a entornos virtuales de aprendizaje, a entornos virtuales de enseñanza – aprendizaje, entornos de educación a distancia, e-learning, b-learning, educación virtual, entre otros. En el presente trabajo no se pretende establecer, una comparación entre ellos, ni establecer semejanzas o diferencias, se utilizará el término entorno virtual de enseñanza - aprendizaje por ser el utilizado por la comunidad científica en la que se desarrolla la presente investigación.

Un entorno virtual de enseñanza – aprendizaje, llamado también aula virtual, puede ser definido:

Como un espacio formativo creado a partir del soporte de una plataforma tecnológica y de un diseño instruccional apropiado donde es posible compartir información y experiencias, y construir conocimientos de manera sincrónica y asincrónica entre los estudiantes y el profesor, los estudiantes entre sí y entre éstos y especialistas en contenidos”. (Camacho, 2010, p. 134)

Por otra parte, en un trabajo presentado en el "20th. International Council for Open and Distance Education se define como: “El espacio virtual en donde se crean las condiciones para que el individuo se apropie de nuevos conocimientos, de nuevas experiencias, de nuevos elementos que le generan procesos de análisis, reflexión y apropiación” (Avila y Bosco, 2001, p. 2).

Detecsys Soluciones TI plantea, que un entorno virtual de aprendizaje es un espacio educativo alojado en una plataforma web, en el que confluyen un grupo de herramientas informáticas que viabilizan la interacción e integración didáctica en el que el alumno pueda llevar a cabo los trabajos propios de un espacio formativo como son, la comunicación, consultar e intercambiar bibliografía, ejercitar conocimientos, interactuar con los docentes, trabajar en equipo, etc. Todo ello en un ambiente simulado sin que medie una interacción física entre los actores que intervienen en todo el proceso.

Coincidiendo con lo planteado por los investigadores mencionados, se puede señalar, que la tutoría virtual de tesis de grado, es un área de investigación emergente en educación superior, con un carácter eminentemente transdisciplinar, que está comenzando, y que en la literatura apenas se encuentran algunas experiencias no evaluadas o propuestas en las que se justifica esta modalidad de tutoría debido a la demanda existente y a la falta de tutores para atender a los estudiantes de manera presencial. En este sentido, la propuesta que se describe en el presente trabajo, justifica la necesidad de presentar un nuevo modelo virtual que constituya una alternativa didáctica tecnológica, que permita dinamizar los procesos de investigación científica en programas de posgrado, como un reto en la formación profesional docente en la actualidad.

### **Entorno de Tutoría Virtual, alternativa de trabajo remoto en el proceso de investigación científica. Solución tecnológica**

La alternativa diseñada y estructurada, estuvo constituida por los elementos siguientes: un primer bloque de orientación, encaminado a ofrecer información a los maestrantes sobre la estructura y funcionamiento del entorno virtual de aprendizaje, el mismo, incluía las secciones siguientes: familiarización con el EVEA, procedimiento a seguir para la tutoría, presentación y currículo del tutor, documentos normativos oficiales para el desarrollo de la tesis, una biblioteca virtual organizada según líneas temáticas de investigación de los tutorados, un glosario de términos con el objetivo de interactuar con las principales categorías científicas de las investigaciones y un cronograma de trabajo sincronizado con el calendario a seguir en plan de formación oficial del programa de posgrado. Un segundo bloque de interacción, con el objetivo de interactuar dinámicamente en la actividad académica tutorial propiamente dicha, contemplaba las siguientes secciones: herramientas de comunicación disponibles, tanto sincrónica como asincrónica (videoconferencia, foro y chat), diagnósticos enfocados a orientar estudios iniciales en la recolección de datos estadísticos y con el objetivo de determinar posibles limitaciones y/o insuficiencias en las metodologías a seguir durante el proceso de investigación; y un tercer bloque, previsto para el seguimiento continuo del proceso de asesoría y acompañamiento durante todo el proceso de investigación científica y elaboración de la tesis; comprendía las componentes siguientes; evaluación por capítulos y asesoramiento para la elaboración de las publicaciones científicas (artículos), requisito de obligatorio cumplimiento a completar como parte de los créditos necesarios para vencer el programa académico.

## **Descripción del método y la metodología**

Para la validación de la propuesta implementada se utilizó el enfoque mixto de investigación, que implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, Sampieri (2006). En la presente investigación se aplicó como método un pre-experimento con la intención de constatar la efectividad de la propuesta aportada como concreción del proceder empleado en la indagación del estudio realizado. La organización del pre-experimento responde al diseño de estudio de caso con una sola medición, el cual consistió en administrar un estímulo o tratamiento a los maestrantes y tutores involucrados, y después aplicar una medición en las variables determinadas para observar cuál es el grado de evolución.

El objetivo concreto del pre – experimento, consistió en demostrar, que, a través del análisis de los resultados en los instrumentos aplicados, la propuesta de Entorno de Tutoría Virtual, desarrollada en la plataforma Moodle, se puede utilizar como una solución tecnológica para la tutoría virtual en la dinámica de los procesos de investigación científica del posgrado.

El desarrollo del pre-experimento, se propuso comprobar la hipótesis de que con el empleo de las TIC y las bondades de la herramienta Moodle como plataforma de formación en línea, y a través de la estructura diseñada en el aula virtual creada, basada en diversos modelos teóricos aportados por la comunidad internacional, se puede contribuir a reducir las insuficiencias existentes en la dinámica del proceso de investigación científica del posgrado, enfocado en la tutoría virtual como un nuevo reto en la formación profesional investigativa de los actores que intervienen en el proceso.

### **La metodología se estructuró en tres etapas:**

La primera etapa se centró en el diseño y montaje del entorno de tutoría virtual de la Maestría en Virtualización de Procesos Formativos en el Entorno Virtual de Enseñanza - Aprendizaje (EVEA) de la Universidad de Oriente, utilizando la plataforma Moodle en su versión 3.0.1. La segunda etapa estuvo encaminada a la capacitación inicial a los maestrantes y tutores participantes en el pre – experimento, sobre la estructura y funcionamiento del entorno virtual y la tercera, se ajustó al desarrollo de la experiencia de tutoría virtual de tesis de la Maestría en Virtualización de Procesos Formativos y Manejo Integrado de Zonas Costeras. Las actividades fundamentales desarrolladas durante el proceso de tutoría, fueron las siguientes; intercambio de bibliografía actualizada sobre las líneas temáticas de investigación de la maestría, creación de un glosario de términos de las principales categorías de investigación de los maestrantes participantes en el proceso, revisión del proyecto de investigación y de tesis y sus avances en relación con el cronograma previsto individual, asesoría metodológica y orientación oportuna para la solución de los diversos problemas presentados a través de las diversas herramientas de comunicación sincrónicas y asincrónicas, (videoconferencias, chat y foro), evaluación por etapas de las actividades diseñadas en el plan de actividades de los maestrantes a través del módulo (tarea) del entorno virtual. Y la última en el diseño y presentación de test y cuestionarios interactivos para conocer los detalles estadísticos de las experiencias generadas a través de la interacción de maestrantes y tutores en el entorno virtual de tutoría propuesto.

Para el desarrollo del diseño instruccional del entorno virtual de tutoría propuesto, de las tres etapas que se establecen en el modelo utilizado, fue necesario determinar con claridad, las actividades específicas que se deberán ir cumpliendo para el logro del objetivo final de la investigación, cabe mencionar que la estructura para el

diseño del EVEA propuesto en Candolfi y Avitia (2012) integra una visión holística, como parte crucial en el desarrollo de esta investigación, debido a que se enriquece el diseño instruccional de múltiples experiencias y enfoques de los participantes en el pre - experimento.

## Experiencias

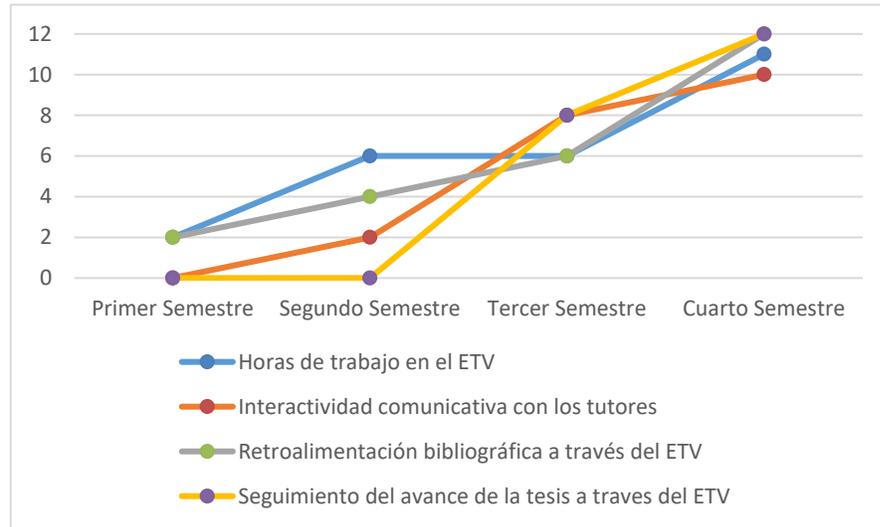
Como experiencia más significativa en la propuesta aplicada se pueden señalar la integración de las diversas soluciones tecnológicas implementadas dentro de la propia universidad utilizadas en el experimento, y que se describen a continuación:

- ❖ Utilización de todas las bondades tecnológicas que brinda la plataforma Moodle para la comunicación sincrónica y asincrónica favorables para el trabajo remoto y adecuadas a la tutoría virtual, como son, el uso de los cuestionarios interactivos de la propia plataforma, el chat, el foro y el sistema de videoconferencia una de las herramientas más utilizadas, implementada particularmente en *Jitsi Meet*, en un servidor propio de la universidad, como módulo integrado al Moodle, complemento imprescindible para las presentaciones en línea en el proceso de tutoría y seguimiento remoto.
- ❖ Otra de las experiencias con mejor aceptación estuvo en la propuesta de una solución tecnológica para la utilización de la cámara de los dispositivos móviles como webcam, una solución necesaria para el uso óptimo del sistema de videoconferencia que estaba condicionada para la baja disponibilidad de dispositivos webcam y que con la utilización del *Irium WebCam* y el *Droid Cam* encontraron solución a esta problemática.
- ❖ Integración al Moodle de enlaces externos específicamente a *Formularios de Google*, como solución tecnológica para el desarrollo de diversos formularios en línea aplicables a las diversas necesidades de las investigaciones desarrolladas.
- ❖ Integración de *LimeSurvey* como herramienta para la realización de encuestas en línea y obtener respuestas a investigaciones desarrolladas en el proceso de investigación científica. Es una solución viable instalada en los propios servidores de la universidad, software libre además y brinda la posibilidad de realizar encuestas más variadas para obtener información sin necesidad de conexión a internet, solo conexión a la intranet universitaria, lo cual se integra a través de los enlaces externos a la plataforma Moodle.
- ❖ Integración como solución tecnológica propia de la universidad, del servicio de alojamiento en la nube *NextCloud* al proceso de tutoría virtual. Una de las limitaciones enfrentadas en el experimento fue el limitado espacio en el servidor Moodle de la universidad para subir grandes volúmenes de materiales en el que se incluían muchos en formato audiovisual, por lo que fue necesario encontrar alguna alternativa tecnológica viable dentro de la propia universidad, y ella consistió en integrar al Moodle el servicio de alojamiento en la nube NextCloud instalado en los servidores internos de la universidad el cual aportaba un espacio extra de almacenamiento y una solución alternativa para el acceso remoto de los materiales necesarios.

## Resultados

Los resultados que se muestran a continuación son producto del análisis realizado sobre la información procesada de los informes estadísticos de interactividad dentro del entorno virtual de tutoría, así como de otras técnicas empleadas (entrevistas y encuestas), los mismos fueron resumidos en dos gráficos. En el primero, se representa gráficamente el promedio de horas que los participantes en el pre – experimento fueron dedicando al trabajo remoto de investigación dentro del entorno diseñado en cada uno de los semestres que duró el estudio. El segundo gráfico, por su parte, muestra una representación de las principales actividades realizadas por los tutores a través del entorno desarrollado y su evolución en los semestres en lo que se realizó el pre –

experimento.

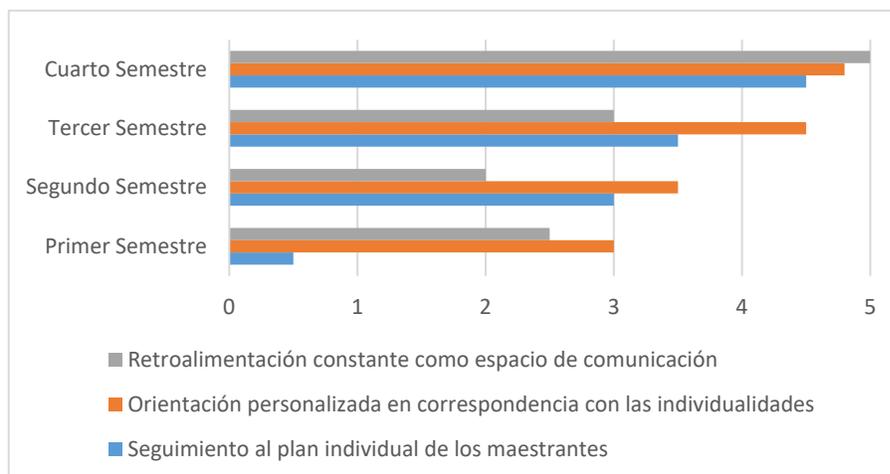


**Fig. 1.** Promedio de horas en cada semestre por actividades registradas

Del gráfico anterior, se pueden resumir los siguientes resultados:

Al comenzar el pre – experimento, en el primer semestre del proceso de investigación, los maestrantes, apenas registraban horas de trabajo en la plataforma diseñada, al respecto referían no encontrar motivación inicialmente y al estar vinculados en este inicio del proceso a los cursos obligatorios del programa en la modalidad presencial, existía un nivel de cercanía con los tutores en esta primera etapa. A partir del segundo semestre, comenzó dentro del programa el trabajo de investigación individual, en el que todos los maestrantes no estaban a tiempo completo dentro de la universidad, y el trabajo en la plataforma comenzó a tomar mayor utilidad para los participantes en el pre – experimento, comenzaron a aumentar las horas de trabajo dentro del entorno virtual, el mismo se fue convirtiendo en el espacio de comunicación preferencial para los actores del proceso, sustituyendo al correo electrónico como única vía utilizada hasta ese momento, la plataforma se convirtió en el repositorio bibliográfico obligatorio a consultar por la actualidad de las temáticas y comenzó a realizarse un seguimiento continuo del avance de cada momento del proceso de investigación.

Para el cuarto semestre, la herramienta diseñada y estructurada con el objetivo de dinamizar a través de las bondades de las tecnologías de la información y las comunicaciones, el proceso de tutoría virtual, mostraba resultados relevantes, pues el promedio de horas como promedio de utilización de la plataforma había aumentado significativamente, como se muestra en la gráfica presentada. (Fig. 1)



**Fig. 2.** *Actividades realizadas por los tutores en el Entorno de Tutoría Virtual*

El rol del tutor, como uno de los actores participantes en esta investigación, mostró resultados positivos en cuanto a la evolución en el actuar en la nueva plataforma virtual diseñada para el proceso en cuestión. En el gráfico anterior (Fig. 2), se midieron algunos parámetros en una escala de 5, que se describen a continuación.

El nivel de retroalimentación constante a través de la plataforma como espacio de comunicación, tanto sincrónica como asincrónica, con el objetivo de disminuir la barrera de la distancia, fue uno de los elementos que fue aumentando significativamente en cada uno de los semestres seguidos estadísticamente. Los avances tecno – pedagógicos que proporciona la plataforma Moodle, utilizados en este pre – experimento, proporcionan sin lugar a dudas novedosas herramientas a los tutores para darle un mejor seguimiento al plan individual de los maestrantes, a través de la herramienta calendario y la planificación de las actividades con cronogramas bien diseñados en cuanto a tiempo y vías para la entrega oportuna. El entorno propicia mecanismos novedosos para la personalización del plan de investigación individual, ya que el tutor, puede dirigir actividades específicas para cada uno de sus tutorados y es posible dedicarle mayor espacio y tiempo virtual, un elemento que, por la vía presencial, no siempre es posible.

## Conclusiones

La intención de esta propuesta estuvo encaminada a evaluar una experiencia de tutoría virtual de tesis de maestría con el fin de comprobar la viabilidad y eficiencia de esta modalidad de asesoría académica virtual en la educación superior en la que se utilizaron diversas herramientas como soluciones tecnológicas, utilizando alternativas de software libre instalándolas en los servidores de la propia universidad, o implementándolas como alternativas reales en los dispositivos de los propios investigadores y tutores como fueron *Jitsi Meet*, *Irium WebCam*, *Droid Cam*, acceso a *Formularios de Google desde Moodle*, *LimeSurvey* y *NextCloud* como soluciones eficaces y reales.

Desde el punto de vista tecnológico, el entorno diseñado y estructurado en la plataforma Moodle para la tutoría virtual, constituyó un eslabón importante durante todo el proceso, ya que, a través del mismo, se pudieron cumplimentar los objetivos propuestos y suplir algunas de las insuficiencias planteadas durante esta investigación, propias de la tutoría presencial. La herramienta, en su modalidad virtual, permitió un

mayor acercamiento entre los actores participantes en el proceso, al eliminar las barreras espacio – temporales implícitas en la modalidad presencial, propuso, un mayor acceso, disponibilidad y actualización de los materiales bibliográficos en diversos formatos y con mayor interactividad. Permitió además un mejor seguimiento en los avances del plan de investigación individual a través de las herramientas internas de la plataforma y como aspecto más relevante, propició un espacio de comunicación y colaboración por excelencia entre todos.

De acuerdo con los datos revelados a través de los métodos estadísticos empleados y la metodología implementada, y tomando en cuenta los resultados del análisis realizado se puede concluir que:

1. El proceso de tutoría virtual propuesto, fue eficaz ya que permitió alcanzar los objetivos previstos, en el sentido de que las diferentes tesis de maestría fueron culminadas con éxito. Del mismo modo, los maestrantes evidenciaron que el proceso fue novedoso, motivador, flexible y académicamente exigente y al mismo tiempo incorporaron nuevas competencias para utilizar en los procesos de tutorías posteriores, tanto en pre, como en posgrado.
2. Entre los elementos que los maestrantes valoraron más del proceso de tutoría virtual fueron: La comunicación continua que hubo entre el tutor y sus tutorados a través de las diversas vías de comunicación (sincrónica y asincrónica) que provee este tipo de modalidad de tutoría, el acompañamiento y seguimiento que tuvieron durante todo el proceso y la atención personalizada del tutor.
3. En el proceso de tutoría los actores desarrollaron competencias infotecnológicas para la organización y desarrollo de tesis de grado, así como competencias tecnológicas en el trabajo investigativo en entornos virtuales de aprendizaje.
4. Los resultados del pre – experimento, y el estudio de manera general, aportan datos que permiten afirmar que la tutoría virtual de tesis de maestría es posible de desarrollar con eficiencia si los factores que la integran son articulados apropiadamente y de esta manera lograr la culminación de la tesis de grado en el tiempo previsto, con un nivel de calidad igual o superior a la que se obtendría mediante un proceso similar bajo la modalidad presencial del mismo proceso.
5. La alternativa propuesta, muestra resultados suficientes para socializar esta propuesta y generalizar los mismos a otros programas de posgrado, dentro y fuera de la universidad, para lo que es necesario incluir un plan de capacitación, a tutores que se interesen por esta modalidad virtual.

## Referencias

1. Avila, P., & Bosco, M.: Ambientes Virtuales de Aprendizaje una Nueva Experiencia. *20th International Council for Open and Distance Education*. Germany. <https://bit.ly/2C8Npra> (2001)
2. Barroso Osuna, J., Cabero Almenara, J., & Vázquez Martínez, A. I. (2014). *La formación desde la perspectiva de los entornos personales de aprendizaje*. Revista Apertura, 15 páginas. <https://bit.ly/2DfMKon>
3. Cabero Almenara, J.: ¿Qué debemos aprender de las pasadas investigaciones en Tecnología Educativa? *Revista Interuniversitaria De Investigación En Tecnología Educativa*. <https://doi.org/10.6018/riite/2016/256741> (2016)
4. Candolfi, A. N., & Avitia, C. P.: Colegiabilidad en Entornos Virtuales de Aprendizaje como estrategia para el incremento de la calidad en formación continua a distancia. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*. <https://bit.ly/2ZzQI2o> (2012)
5. Castellano Luque, E. A., & Pantoja Vallejo, A.: Eficacia de un programa de intervención basado en el uso de las TIC en la tutoría. *Revista De Investigación Educativa*, 35(1), 215-233. <https://doi.org/10.6018/rie.35.1.248831> (2017)
6. Dabbagh, N., & Kitsantas, A.: Personal learning environments, social media and self-regulated learning: A natural formula for connecting formal and informal learning. *Internet and Higher Education*, 15, 3-8. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.06.002> (2011)
7. Fernández Jiménez, M. Ángel, Mena Rodríguez, E., & Tójar Hurtado, J. C.: Funciones de la tutoría en e-learning: estudio mixto de los roles del tutor online. *Revista De Investigación Educativa*, 35(2), 409-426. <https://doi.org/10.6018/rie.35.2.273271> (2017)
8. Franco Moreno, Y. M.: Rol del Tutor en el Contexto del Aprendizaje Virtual. *Revista Científica*, 2(6), 270-285. <https://doi.org/10.29394/> (2017).
9. García López, R. I., Cuevas Salazar, O., Vales García, J. J., & Cruz Medina, I. R.: Impacto de la tutoría presencial y virtual en el desempeño académico de alumnos universitarios. *Revista Iberoamericana De Educación*, 58(2), 1-11. <https://doi.org/10.35362/rie5821447> (2012)
10. Hernández Aguilar, M., & Legorreta Cortés, B. P.: *Manual del docente de Educación a Distancia*. Sistema de Universidad Virtual: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://bit.ly/2ZF18PY> (2010)
11. Horruitinier Silva, P.: *La universidad cubana: modelo de formación*. Ciudad de La Habana: Universitaria.
12. Mar Lleixá, F., Marcé Gilbert, C., Luis Marqués, M., Cinta Espuny, V., & Gonzáles Martínez, J. (2014). *Tutoría virtual para profesionales de enfermería*. ResearchGate, 18. <https://bit.ly/3f4u2y1> (2009)
13. Massé Palermo, M. L., Reyes, C. J., & Mac Gaul, M.: *Una Experiencia de Tutoría Virtual en el Ingreso Universitario*. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación (pág. 15). Buenos Aires: Argentina. <https://bit.ly/2DfPFgP> (2014).
14. Medina-Salguero, R.: La tutoría virtual: un reto para el profesor del futuro. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 20(40), 228–228 (2013).
15. Padilla Sánchez, G. E., Leal Ríos, F., Hernández Ramírez, M., & Cabero Almenara, J.: *Un reto para el profesorado del futuro: la tutoría virtual*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Publidisa S.A. <https://bit.ly/31VPFwu> (2013)
16. Prendes, M.P., Román, M.M. & González, V.: How University Students Use Technologies to Learn: A Survey about PLE in Spain. *Education in the knowledge society*, 20, 1-10. [https://dx.doi.org/10.14201/eks2019\\_20\\_a10](https://dx.doi.org/10.14201/eks2019_20_a10) (2019)
17. Ríos, Fernando & Almenara, Julio & Hernández, Mauricio & Sanchez, Gabriela.: Un reto para el profesor del futuro: la tutoría virtual. <https://bit.ly/2ZNuNVU> (2012)
18. Rodríguez, K. L., Pardo, M. E., & Vásquez, J. M.: Las redes sociales como entorno educativo en la formación del profesional universitario. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 7, 33–42. <https://bit.ly/2ZJQpCb> (2019).
19. Sampieri Hernández, R.: Metodología de la Investigación. In *Вестник Казнму: Vol. №3*. (2006).

# Arquitectura de los servicios de Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Yucatán

Carmen Diaz Novelo<sup>1</sup>, Pedro Poot Flores<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Coordinación de Atención al Usuario y Soporte Técnico, Coordinación General de Tecnologías de Información y Comunicación, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Itzaes x 59 Colonia Centro,  
Mérida, Yucatán, México  
carmen.diaz@correo.uady.mx, pedro.poot@correo.uady.mx

## Resumen

La Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, es una institución pública, ubicada geográficamente en el sureste de México, con una matrícula de más de veintiséis mil estudiantes y un Modelo Académico de Formación Integral, el cual demanda de entornos virtuales de aprendizaje (EVA) por lo que se requieren diversas tecnologías y plataformas dentro de las cuales brindar soluciones estandarizadas para atender esta necesidad.

Para alinear los procesos de tecnología educativa con el MEFI, brindar servicios de calidad y mejorar la experiencia de los alumnos con el aprendizaje en línea, se desarrolló una Arquitectura de Servicios de Tecnología Educativa; para ello se inició con un análisis del entorno externo e interno relacionados con las Instituciones de Educación Superior (IES) y con la Tecnología Educativa (TE), la identificación de las áreas de oportunidad y la implementación de la solución.

Las áreas de oportunidad identificadas son: i) brindar a los profesores y alumnos servicios de calidad que satisfagan las necesidades de uso y aprovechamiento de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA); ii) la posibilidad de virtualizar e incrementar la oferta educativa en la modalidad virtual, iii) la posibilidad de incrementar la oferta de educación continua en modalidad virtual y iv) fomentar la internacionalización en la práctica docente a través del intercambio de manera virtual.

Con el análisis de los elementos identificados se diseñó la Arquitectura de Servicios de TE de la UADY con el objetivo de “brindar los servicios de tecnología educativa a profesores y alumnos de la Universidad Autónoma de Yucatán que permita satisfacer las necesidades de los planes y programas de estudio, alineado al Modelo Educativo de Formación Integral de la UADY con un componente digital en la modalidad en línea o virtual.”.

Los principales elementos de la Arquitectura de servicios de TE son: la infraestructura de nube, las plataformas tecnológicas; el esquema de soporte, el proceso de provisión de servicios de TE y mejora de la experiencia del alumno.

Los resultados más relevantes obtenidos con la solución implementada son: la optimización de los recursos tecnológicos, la innovación en el servicio y la adopción de los EVA por parte de los profesores y alumnos.

**Palabras Clave:** Tecnología Educativa, Servicios de TI, Mejora de procesos

**Eje temático:** Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea

## **Introducción**

La Universidad Autónoma de Yucatán, UADY, es una institución pública, ubicada geográficamente en el sureste de México, con una matrícula de más de veintiséis mil estudiantes. Para la UADY el desarrollo de la formación integral es fundamental, ya que a través de ella responde al compromiso social de: promover oportunidades de aprendizaje a través de una educación humanista, pertinente y de calidad; contribuir al desarrollo de las ciencias, las humanidades, la tecnología y la innovación; contribuir a la atención de problemáticas y a mejorar el nivel de bienestar de la sociedad yucateca.

En el presente documento se presenta un análisis del entorno externo e interno relacionados con las Instituciones de Educación Superior (IES) y con la Tecnología Educativa (TE) y de manera particular se aborda la situación en la que se encuentran los servicios de TE de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). También se menciona el modelo educativo de formación integral (MEFI) de la UADY dada su importancia y la relación de los servicios de TE.

La acelerada evolución de servicios tecnológicos relacionado con la educación demanda soluciones en tecnología educativa ágiles, seguros y eficientes, que permitan: i) brindar a los profesores y alumnos servicios de calidad que satisfagan las necesidades de uso y aprovechamiento de los EVA; ii) la posibilidad de virtualizar e incrementar la oferta educativa en la modalidad virtual, iii) la posibilidad de incrementar la oferta de educación continua en modalidad virtual y iv) Fomentar la internacionalización en la práctica docente a través del intercambio de manera virtual.

Para poder atender la demanda de entornos virtuales de aprendizaje se requieren diversas tecnologías y el desarrollo de plataformas dentro de las cuales brindar soluciones estandarizadas para atender esta necesidad del sector educativo por lo que la Institución decide crear una Arquitectura de Servicios de Tecnología Educativa (ASTE) para atender de manera eficaz y eficiente esta demanda. Con el análisis de todos los elementos se identificaron las partes interesadas, actores, componentes y sus relaciones con el objetivo de “brindar los servicios de tecnología educativa a profesores y alumnos de la Universidad Autónoma de Yucatán que permita satisfacer las necesidades de los planes y programas de estudio, alineado al Modelo Educativo de Formación Integral de la UADY con un componente digital en la modalidad en línea o virtual.”.

Los principales elementos de la ASTE que se identificaron son: la infraestructura de nube, las plataformas tecnológicas usadas para el EVA; el esquema de soporte, el proceso de provisión de servicios de TE y la mejora en la experiencia del alumno. Los resultados más relevantes obtenidos con la solución implementada son: la optimización de los recursos tecnológicos, la innovación en el servicio al integrar tecnologías y la adopción de los EVA por parte de los profesores y alumnos.

## **Contexto**

Las políticas en materia educativa en México deben guardar una correspondencia entre las tendencias educativas globales, las problemáticas

existentes en cada comunidad educativa y los planes de desarrollo institucional establecidos por cada IES [1]. En México desde hace años se han desarrollado agendas, políticas públicas y diversas acciones para impulsar la educación mediante el aprovechamiento tecnológico, esfuerzos que ya presentan resultados pero que aún no han terminado por consolidarse.

La Secretaría de Educación Pública, así como diversas redes y asociaciones como la Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), la Red de Tecnología Educativa (RedLate) y el Espacio Común de Educación Superior a Distancia (ECOESAD) se han unido para armar una agenda colaborativa que permita impulsar la transformación digital de la Educación en el país [2]. En la tabla 1 se presentan cuatro ejes transversales de la agenda colaborativa que tienen relación con las Tecnologías Educativas de las IES.

**Tabla 1.** Cuatro ejes transversales, relacionados con las Tecnologías Educativas, para la transformación digital de la educación. Elaboración propia y adaptado de Secretaría de Educación pública, 2020, Agenda colaborativa. [https://www.agendacolaborativa.mx/wp-content/uploads/2020/12/Entregable-1.-Agenda-Colaborativa-VF\\_web.pdf](https://www.agendacolaborativa.mx/wp-content/uploads/2020/12/Entregable-1.-Agenda-Colaborativa-VF_web.pdf)

<p><b>Innovación Educativa</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planeación Estratégica</li> <li>2. Administración de la innovación</li> <li>3. Administración del conocimiento</li> </ol>	<p><b>Continuidad, seguridad e infraestructura tecnológica</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gestión de la Infraestructura Tecnológica</li> <li>2. Servicios de nube</li> <li>3. Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información</li> </ol>
<p><b>Tecnologías Educativas, recursos de información y servicios digitales</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plataformas de educación a distancia</li> <li>2. Repositorios</li> <li>3. Recursos digitales</li> </ol>	<p><b>Calidad Educativa</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indicadores, parámetros y criterios de la Educación a distancia</li> <li>2. Estudios de diagnóstico</li> <li>3. Instancias y programas de Certificación y acreditación académica</li> </ol>

A pesar de los esfuerzos, en el ámbito tecnológico, la pandemia derivada por COVID-19 ha dejado en evidencia que existe una brecha digital; entre los estudiantes urbanos más acomodados con acceso a dispositivos móviles, computadoras y altos niveles de conectividad, y aquellos otros ubicados en áreas rurales o económicamente depauperadas, con menor capacidad adquisitiva para acceder a dispositivos de cómputo y, con mayor frecuencia de

la deseable, sin conectividad o con conectividad deficiente [3].

Aunque en los resultados de un estudio realizado en el año 2018 se observaban avances en el país en cuanto a usuarios que realizan estudios en línea; reflejado en la encuesta sobre “Usos y Hábitos de Internet” realizada por la Asociación de Internet (AIMX) y que nos presenta un grado avanzado de madurez en los usuarios, el 66% de los encuestados utiliza Internet desde hace más de ocho años; destaca el uso para acceder a cursos o estudiar en línea en el 43% de los encuestados [4].

Otro aspecto a considerar es lo que respecta a las competencias y al alfabetismo digital, por un lado, necesitamos tener unos conocimientos básicos como saber utilizar correo electrónico, una hoja de cálculo o un editor de textos, entre otros. Estos conocimientos suelen denominarse “competencia digital” (Digital Literacy) y son básicos en el siglo XXI, pero no suficientes para una sociedad competitiva como la actual, especialmente para ciertas profesiones [5].

En el contexto institucional, para la UADY la formación integral es un proceso continuo que busca el desarrollo de ciudadanos y profesionales autónomos, críticos, éticos, responsables de sí mismos y de su entorno, que tomen decisiones y resuelvan problemáticas con un enfoque local y global [6]. El desarrollo de la formación integral es fundamental, ya que a través de ella la Universidad responde al compromiso social de: promover oportunidades de aprendizaje a través de una educación humanista, pertinente y de calidad; contribuir al desarrollo de las ciencias, las humanidades, la tecnología y la innovación; contribuir a la atención de problemáticas y a mejorar el nivel de bienestar de la sociedad yucateca.

El MEFI demanda de entornos virtuales de aprendizaje (EVA) por lo que se requiere Tecnologías Educativas dentro de las cuales brindar soluciones estandarizadas para atender esta necesidad. Los servicios de TE en la UADY han evolucionado, pues como institución de vanguardia y de noble misión, inició acciones en el año 2002 para la implementación de nuevas modalidades educativas. Con base en estudios diagnósticos y de evaluación de diversas plataformas tecnológicas, se justificó la necesidad de implementar un Sistema de Educación en Línea propio, como herramienta de apoyo a la modalidad presencial, así como para la gestión del aprendizaje continuo dirigido al personal académico y administrativo, egresados y profesionistas. Para dar seguimiento a esta iniciativa se instauró un Grupo de Educación a Distancia conformado por representantes de algunas dependencias, con perfiles académicos y técnicos. En el año 2006, se realizó el primer estudio diagnóstico del SEL-UADY, cuyo objetivo fue “describir la situación de la educación en línea en las facultades y preparatorias de la UADY identificando las principales problemáticas existentes en los ámbitos académico, administrativo y técnico”, y con base en la información recabada de las experiencias de las facultades que en ese entonces formaban parte de este Sistema se determinó que hasta ese momento no se contaba con una oferta de cursos completamente en línea, pues la plataforma tecnológica en uso, había sido utilizada para albergar parte de los materiales que se requieren para las actividades programadas en las diferentes asignaturas de los programas educativos y también se encontró que la mayor cantidad de cursos existentes eran de programas de licenciatura [7]. Con los resultados de este diagnóstico se emprende entonces una estrategia institucional para integrar a actores estratégicos y las plataformas y tecnologías requeridas, que posteriormente se denominaría UADY Virtual.

La UADY con base en lo estipulado en el Plan de Desarrollo Institucional y el MEFI, en el año 2011 toma la decisión de integrar al sistema de educación en línea (modalidad mixta), la educación virtual (modalidad no presencial), para dar vida a un entorno virtual de aprendizaje (EVA), denominado UADY Virtual. Con esta propuesta se pretende impulsar la innovación académica de la institución en todos los niveles, a través de las diferentes modalidades educativas contempladas en el MEFI, especialmente con el apoyo de entornos virtuales de aprendizaje y la puesta en marcha de las modalidades mixta y no presencial (modalidades no convencionales) [6].

En cuanto a los avances en el desarrollo de habilidades de los docentes para el uso de los EVA, desde el año 2016 se cuenta con un Programa Institucional de Habilitación Docente y en el año 2019 se implementaron talleres para el uso de la herramienta Teams de Microsoft, en el mes de febrero del año 2020, Microsoft invitó a los académicos de la UADY a cursar un diplomado en Teams y, posteriormente en el mes de marzo, emitió la convocatoria para un segundo diplomado. Ambos procesos formativos contaron con la participación de alrededor de 500 académicos de la Universidad, la mayoría de ellos profesores y administradores de Tecnologías de Información [8].

## **Problemática**

Los procesos de tecnología educativa están muy relacionados con los procesos académicos para tener sentido y mantenerse alineados con el Modelo Académico y Educativo de la UADY y al mismo tiempo se requiere que brinden servicios de Tecnología Educativa de calidad.

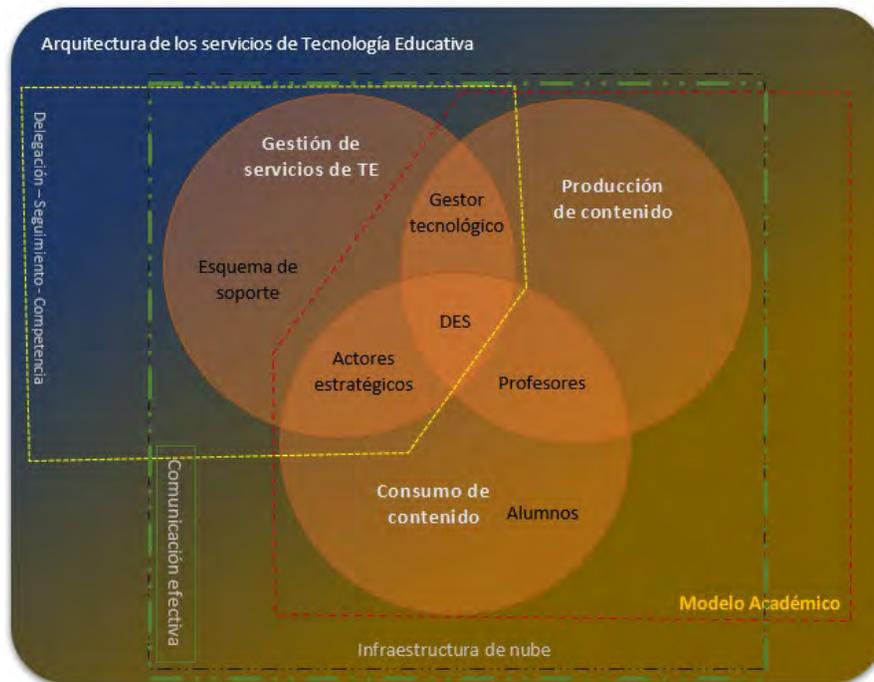
Con esta consideración, con el resultado del análisis del entorno interno y externo y con el análisis FODA institucional se identificaron las siguientes áreas de oportunidad:

1. La demanda de entornos virtuales de aprendizaje requiere de diversas tecnologías y el desarrollo de plataformas dentro de las cuales brindar soluciones estandarizadas.
2. La acelerada evolución de servicios tecnológicos relacionado con la educación demanda servicios de tecnología educativa ágiles, seguros y eficientes.
3. Se requiere brindar a los profesores y alumnos servicios de TIC de calidad que satisfagan las necesidades de uso y aprovechamiento de los EVA.
4. Se requiere mejorar la experiencia de aprendizaje en línea en los EVA.
5. La posibilidad de virtualizar e incrementar la oferta educativa en la modalidad virtual.
6. La posibilidad de incrementar la oferta de educación continua en modalidad virtual.
7. Fomentar la internacionalización en la práctica docente a través del intercambio de virtual.

## Descripción de la solución implementada

Para atender de las áreas de oportunidad se desarrolló como solución integral la ASTE que considera tanto los elementos tecnológicos como los procesos y el talento humano requerido; para su elaboración se identificaron los elementos que conforman los servicios de TE, se desarrollaron las estrategias, objetivos y metas; y se creó en el mes de junio del año 2020, el Departamento de Tecnología Educativa cuya principal función es la gestión de los servicios de TE.

Se determinó como objetivo principal: “brindar los servicios de tecnología educativa a profesores y alumnos de la Universidad Autónoma de Yucatán que permita satisfacer las necesidades de los planes y programas de estudio, alineado al Modelo Educativo de Formación Integral de la UADY con un componente digital en la modalidad en línea o virtual.” En la figura 1 se presenta la Arquitectura de los servicios de Tecnologías Educativa de la Universidad Autónoma de Yucatán.



**Fig. 1.** Arquitectura de los servicios de Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Yucatán.

En la Arquitectura representada en la gráfica 1 se encuentra un diagrama de venn con tres círculos primordiales para una estrategia de tecnología educativa basada en un entorno digital, estos son; Gestión de los servicios de Tecnología Educativa, producción de contenido y consumo de contenido. Los servicios de Tecnología Educativa se relacionan con esos procesos y además se proporcionan a las partes interesadas que se muestran en la figura: Alumnos, profesores, gestores tecnológicos, y Actores estratégicos. A continuación, se describen los procesos y las partes interesadas en este servicio.

**Gestión de servicios de TE.** Organiza y controla los elementos técnicos y operativos necesarios para proporcionar los servicios de Tecnologías Educativa

de forma efectiva y eficiente, requiere el conocimiento amplio de las necesidades pedagógicas con el objetivo de vigilar la pertinencia de las soluciones tecnológicas sin intervenir con el desarrollo de cada función educativa. En el caso de esta estrategia la principal responsabilidad recae en el Departamento de Tecnología Educativa quien no interviene en la elaboración del modelo educativo pero se coordina y delega actividades hacia los gestores tecnológicos y el personal administrativo.

**Producción de contenido.** Destinado hacia la comunidad académica requiere contar con todas las herramientas disponibles para el desarrollo de sus estrategias pedagógicas y según las planeaciones didácticas, en consecuencia, generan información, se encargan de compartir con los consumidores y son los responsables de la actualización y mantenimiento de esta producción.

**Consumidor de contenido.** Las partes interesadas, profesores y alumnos forma parte de cada uno de los procesos como consumidores, dependiendo de los programas y proyectos en curso, así como de los nuevos proyectos.

Las partes interesadas que se observan en la ASTE se describen brevemente a continuación:

**CGTIC.** Coordinación General de Tecnologías de Información de la cual depende el Departamento de Tecnología Educativa.

**Departamento de Tecnología Educativa.** Equipo de trabajo especializado en la gestión de los entornos virtuales de aprendizaje, su implementación, dirección y control.

**Dependencias de Educación Superior (DES).** Facultades, Escuelas, Unidades que cuentan con programas o proyectos que demandan entornos virtuales.

**Estudiantes.** Principales usuarios consumidores de contenido, en la arquitectura el estudiantado recibe atención directa del profesor y gestores tecnológicos para cuestiones especializadas con el sistema.

**Académicos.** Principal usuario creador de contenido es un agente que explota las herramientas disponibles a través de la construcción de materiales didácticos, la programación de actividades de aprendizaje, pruebas de desempeño, documentación de la evaluación formativa y como medio de comunicación.

**Actores Estratégicos.** Son los usuarios que pueden tener más relevancia con la toma de decisiones, el planteamiento de objetivos y nuevos proyectos a desarrollar con el apoyo del servicio de tecnología educativa. Se identifica como actores estratégicos a Coordinadores de la Dirección General de Desarrollo Académico: Educación Media Superior, Educación Superior, Unidad Virtual, Bachillerato en línea, Departamento de Innovación Educativa.

**Gestores tecnológicos.** Es el usuario administrador de los espacios y usuarios dentro de una dependencia determinada, mantiene un contacto directo con el departamento de tecnología educativa.

## **Componentes de los servicios de Tecnología Educativa**

La atención a las problemáticas y áreas de oportunidad detectadas se abordó considerando diferentes factores que permitieran brindar una solución que integre a toda la población universitaria, atienda los niveles educativos y permita la elasticidad necesaria para un crecimiento eficiente y organizado en los niveles aceptables del servicio.

Los principales componentes de la Arquitectura de servicios de Tecnología Educativa que se identificaron y que a continuación se describen son: i) la infraestructura de nube, ii) las plataformas tecnológicas usadas para el EVA; iii) el esquema de soporte, iv) el proceso de provisión de servicios de TE y v) mejora de la experiencia del alumno.

### **Infraestructura de nube**

La UADY decidió utilizar los servicios de la nube para la implementación de la plataforma de UADY Virtual al considerar algunas de las ventajas de la tecnología de computación en la nube para los servicios de TE [9]:

**Barato:** ya que no necesitamos un servidor real, solo tarifas para el proveedor de servicios.

**Más confiable** que los servidores locales tradicionales.

**Mantenimiento.** El mantenimiento de la infraestructura física queda como parte del servicio.

**Servicios:** Existen soluciones de plataformas en línea proporcionadas por el proveedor.

**No más preocupaciones por fallas de hardware** como lo experimentamos antes

**Ampliamente utilizado y difundido** en todo el mundo.

**Respaldo de datos.** Los datos se respaldan y replican en servidores ubicados en regiones geográficas diferentes.

**Integración total de los servicios** necesarios para el aprendizaje electrónico.

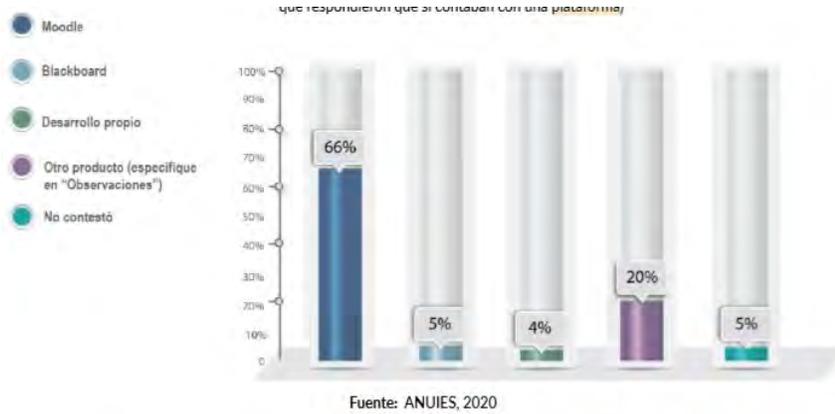
**Virtualización.** Instantáneas de toda la máquina virtual (en caso de recuperación del sistema).

**Renovación de infraestructura.** No se necesitan actualizaciones de hardware (todo se administrará virtualmente, por ejemplo, podemos aumentar el tamaño del disco instantáneamente sobre la marcha).

Actualmente cada plataforma de UADY virtual se encuentra en la nube y soporta en un esquema similar de infraestructura distribuida en un servidor web, servidor de base de datos y un servidor compartido para la autenticación de los usuarios.

### **Plataformas tecnológicas del EVA**

La UADY para proporcionar su enseñanza en línea utiliza la plataforma Moodle, una plataforma ampliamente adoptada como se observa en la encuesta realizada a las IES miembros de la ANUIES en el año 2020 [10], donde se encontró que dos de cada tres instituciones utilizan esta misma plataforma de aprendizaje virtual, lo cual se muestra en la fig 2.

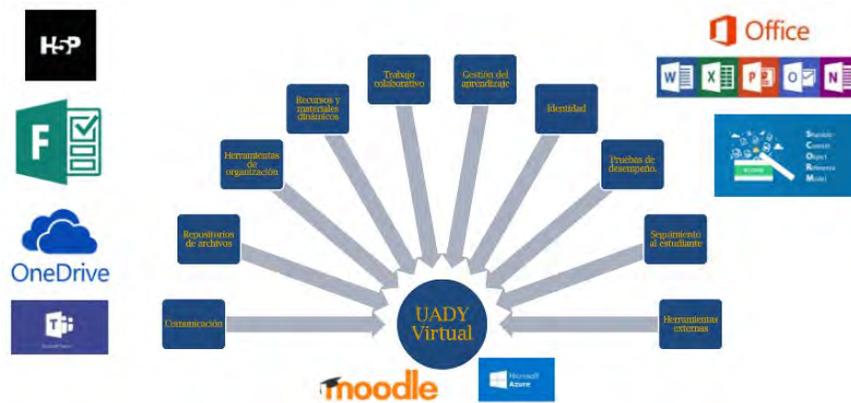


"Dos de cada 3 IES encuestadas utiliza Moodle como plataforma de aprendizaje virtual"

**Fig. 2.** Plataformas de gestión de aprendizaje que utilizan las IES que respondieron la encuesta de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (Sólo para las IES que respondieron que sí contaban con una plataforma). Fuente: Ponce J. 2020

El uso del moodle coincide con el estudio del estado de las TIC realizado a Universidades Ecuatorianas donde se encontró que “en cuanto a los servicios de TIC para la docencia y la investigación, todas las universidades participantes cuentan con una plataforma tecnológica, Moodle es la más utilizada” [8].

Adicional al uso de Moodle la UADY ha promovido el uso de herramientas colaborativas como el Office 365 de Microsoft, para lo cual a todos los profesores y alumnos se les otorga una cuenta institucional que se encuentra asociada a diversos servicios institucionales, como es el Entorno Virtual de Aprendizaje (figura 3).



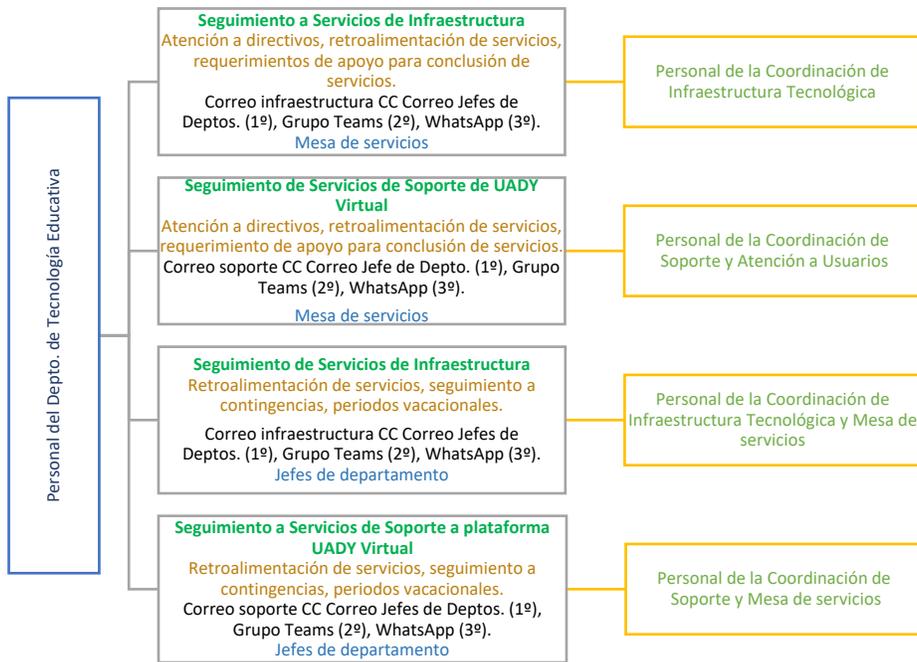
**Fig. 3.** Herramientas colaborativas de Office 365 y su integración con Moodle que habilita el Entorno Virtual de Aprendizaje para profesores y alumnos de la Universidad Autónoma de Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

### Proceso de provisión de los servicios de Tecnología Educativa

A continuación, se describen las actividades más relevantes del proceso de

provisión de servicios de tecnología educativa: comunicación efectiva, gestión del talento humano, esquema de responsabilidades y delegación de actividades.

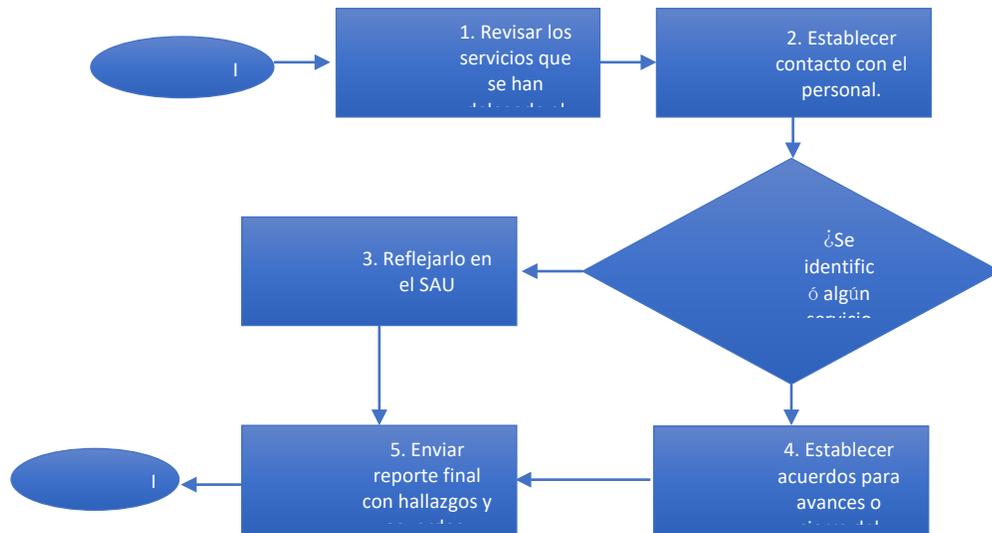
**Comunicación efectiva.** Se estableció un esquema de comunicación efectiva, que permita aclarar las dudas del personal del Departamento de Tecnología Educativa, acerca de la atención de los servicios, prioridades y conocimiento acerca de los usuarios, en la figura 4 se ilustran los flujos y tipo de información que interviene en el esquema de comunicación.



**Fig. 4.** Esquema de comunicación efectiva del Departamento de Tecnología Educativa de la Universidad Autónoma de Yucatán. Fuente: elaboración propia

**Gestión del talento humano.** Se determinó la necesidad de programar periódicamente reuniones con el personal para identificar la situación del clima laboral e identificar áreas de oportunidad respecto a la motivación del personal. También se cuenta con un programa para el desarrollo de competencias y habilidades tecnológicas.

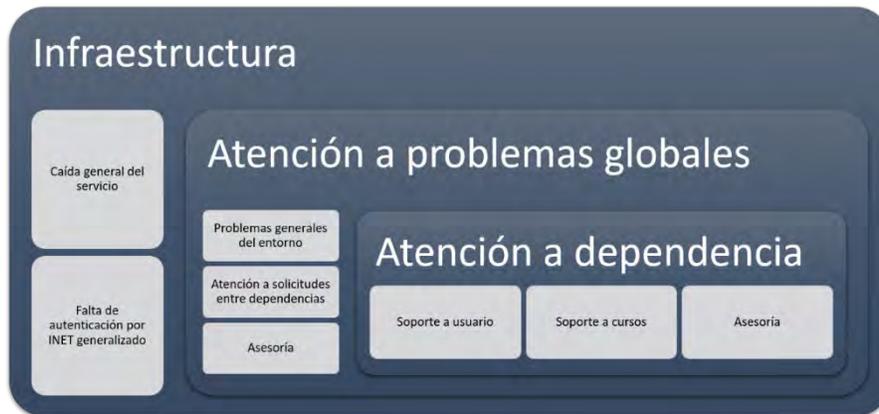
**Esquema de responsabilidades y delegación de actividades.** Se estableció un esquema automatizado para la asignación de responsabilidades del personal, así como para la toma de decisiones respecto a la delegación de actividades, el esquema que se sigue se ilustra en la figura 5.



**Fig. 5.** Esquema de responsabilidades, delegación y seguimiento de servicios del personal del Departamento de Tecnología Educativa. Fuente: elaboración propia

### Esquema de atención a usuarios y soporte

Para lograr incrementar la satisfacción de los usuarios de los servicios de TE y una mejora en la experiencia con los EVA, se diseñaron estrategias para permitir un mayor acercamiento con los usuarios y gestores tecnológicos y así solucionar las problemáticas reportadas en menor tiempo y con mayor eficacia y eficiencia; la figura 6 ilustra lo elementos del esquema de atención a usuarios y soporte técnico de los servicios de TE.



**Fig. 6.** Esquema de atención a usuarios y soporte técnico de los servicios de tecnología educativa de la UADY. Fuente: Elaboración propia

### Mejora de la experiencia del alumno

Barnes (2005), identifica cinco factores importantes de un análisis de las narrativas de profesores y alumnos para considerar la importancia de la incorporación de materias de TIC a la currícula entre ellos: el interés de los estudiantes, planes de estudios externos, apoyo en el entorno escolar, renovación personal y estilo de liderazgo [11].

Por ello se desarrollan actividades y trabajo en conjunto con otras instancias de la UADY: el Departamento de Innovación Educativa y la Dirección General de Desarrollo Académico para plantear programas institucionales que fortalezcan el aprovechamiento de UADY Virtual.

Por otra parte también se trabajó en analizar y replantear el catálogos de los servicios de TE y el soporte técnico de calidad como factores importantes para mejorar la experiencia de aprendizaje del alumno en el aprendizaje en línea. Para apoyar al alumnado desde el Departamento de Tecnología Educativa, se desarrolló el siguiente esquema de atención a los alumnos:



**Fig. 7.** Esquema de servicios de tecnología educativa para los alumnos de la UADY. Fuente: Elaboración propia.

### Aspectos críticos y relevantes por resaltar y detallar

La ASTE como solución implementada permite y promueve la i) adopción de los Entornos virtuales de aprendizaje por parte de los profesores y alumnos y ii) mejorar su experiencia para el aprendizaje en línea. Los aspectos críticos y relevantes que se identificaron durante el desarrollo de la solución son:

1. La importancia de la adecuada definición de roles y responsabilidades de todas las Dependencias involucradas en los servicios de Tecnología Educativa en la Institución.
2. El desarrollo de habilidades digitales es un esfuerzo que requiere de la participación de los distintos actores universitarios con el objeto de analizar e

identificar las necesidades prioritarias que contribuyan a la adopción del entorno virtual de aprendizaje por los profesores y alumnos, por ello se requieren realizar acciones puntuales adoptando alguno o varios de los elementos que propone la SCT (2019) en el proyecto “Marco de habilidades digitales” [4].

3. Como resultado del análisis y revisión del contexto interno y externo es importante considerar la elaboración un programa de desarrollo de habilidades tecnológicas y digitales dirigida a los gestores tecnológicos de las Dependencias.

4. Es relevante contar con una instancia institucional, en el caso de la UADY es el Departamento de Tecnología Educativa, para la administración de las plataformas de las Tecnologías Educativas y la atención a los usuarios de estos servicios.

5. Los actores identificados en la Arquitectura de servicios de TE deben tener participación en el Comité de Educación a Distancia (CAD) que es un Grupo interdisciplinario para el desarrollo impulsar, propiciar y fortalecer una cultura de calidad, planificación, innovación y actualización en la Educación a Distancia, así como asegurar el desarrollo pleno y efectivo de UADY Virtual.

6. Se requiere contar con un esquema de colaboración que permita compartir experiencias y buenas prácticas a través de una red de gestores tecnológicos al interior de la UADY.

7. También es importante considerar la afectividad en el uso de los entornos virtuales de aprendizaje de profesores ya que un estudio realizado en el Campus de Ciencias Sociales Económico Administrativas y humanidades reflejó que “que el 90% de los profesores no implementan en sus cursos virtuales aspectos afectivos como fomentar la colaboración y la construcción del conocimiento, proporcionar acompañamiento afectivo durante el trabajo en foros virtuales, evitar estados de ansiedad y frustración durante el trabajo en línea, motivar, fomentar relaciones ciber personales sanas con diversos matices de afectividad, tener consideración y ser flexibles ante eventualidades personales” [12].

## **Resultados obtenidos y su impacto**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al contar con ASTE y atender cada componente de la misma, se presentan algunos de los indicadores que permiten conocer el estado de los servicios de tecnología educativa y que se actualizan y analizan periódicamente para identificar acciones de mejora y lecciones aprendidas.

1. Se desarrolló un programa de mejora y mantenimiento de las plataformas tecnológicas en coordinación con las Dependencias administrativas involucradas.

2. Se optimizaron los recursos utilizados en el servicio de la nube para facilitar la administración y se redujeron costos.

3. Se está elaborando un programa de habilitación tecnológica y digital para los gestores tecnológicos

4. Se integraron los servicios de moodle con servicios de office@365.

5. Se está desarrollando un tablero con indicadores que contengan información para la toma de decisiones sobre la utilización de los servicios.

En la tabla 2 se presenta el estado de avance en la adopción de los EVA por parte de los profesores y alumnos de la UADY.

**Tabla 2.** Estado de avance en la adopción de los entornos virtuales de aprendizaje de los profesores y alumnos de la Universidad Autónoma de Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

Dimensión	Población	Indicador	Estado actual
Dependencias atendidas	15 facultades, 3 programas de preparatoria ,1 unidad multidisciplinaria	Porcentaje de cobertura por la red de gestores tecnológicos.	100%
Profesores (Productores de contenido)	de Profesores de Tiempo Completo + Profesor de Asignatura Personal que imparte cursos de formación	Porcentaje de profesores usando el servicio	336 para Educación Media Superior 932 para Educación Superior
Estudiantes (Consumidores de)	26170 estudiantes en Educación superior y medio superior	Porcentaje de estudiantes atendidos en un periodo escolar (Semestre	15529 educación Superior 8399 educación Media Superior Es decir, un 91.43% de la matrícula total
Administración	15 facultades, 3 programas de preparatoria ,1 unidad multidisciplinaria, Campus de Administración Central	Servicios relacionados con UADY Virtual	
Satisfacción del usuario	del 25196 usuarios activos	Retroalimentación a las atenciones relacionadas	Comentarios positivos con respecto a negativos
Incremento y especialización de	y 15 facultades, 3 programas de preparatoria ,1 unidad multidisciplinaria, Campus de Administración Central	Número de servicios	Se incrementaron las solicitudes relacionadas con los Entornos virtuales de aprendizaje

## Aprendizajes (aciertos y errores)

### Aprendizajes: aciertos

Durante desarrollo e implementación de la solución se generaron experiencias importantes, sobre las cuales se obtuvo un aprendizaje para la mejora continua, a continuación, se describen estos aprendizajes:

- 1.El esquema de comunicación efectiva tiene un gran impacto en el personal ya que ha permitido aclarar las dudas del personal acerca de la atención de los servicios, prioridades y conocimiento acerca de los usuarios especialmente gestores tecnológicos, profesores y alumnos.
2. La identificación de la situación del clima laboral y la realización de reuniones con el personal, en el periodo de pandemia fue fundamental para la motivación y compromiso del personal.
3. Contar con un esquema de atención a usuarios y soporte de los servicios de TE permitió un mayor acercamiento y comunicación con usuarios y gestores tecnológicos y se pudieron evitar conflictos y malentendidos.

4. Es importante la aplicación y adopción de las políticas de uso del servicio con los actores involucrados.
5. Los alumnos se han motivado a utilizar su EVA al tener una atención y soporte de calidad.

### **Aprendizajes: errores**

1. Asumir que la mayoría de los profesores ya contaban con la habilitación docente en habilidades digitales para el uso del Teams
2. Desconocimiento de la falta de infraestructura tecnológica apropiada de los usuarios para trabajo desde casa.
3. No otorgar la importancia a la difusión de las políticas sobre tecnología educativa
4. No contar con un plan específico de continuidad de los servicios de tecnología educativa.
5. No establecer claramente las responsabilidades de cada área involucrada en los entornos virtuales de aprendizaje.
6. No dimensionar adecuadamente el personal requerido para del Departamento de Tecnología Educativa para poder cubrir el 100% de la demandan de servicios.

### **Impactos no esperados**

En coincidencia con Jordan (2020), en la UADY los servicios de Tecnologías Educativas que soportan a UADY Virtual han jugado un papel fundamental durante la pandemia [13], como todas las Instituciones, la UADY se vio afectada por la pandemia ocasionada por el COVID-19 siendo que, a partir del 17 de marzo, suspendió todas sus actividades presenciales. Ante ello, se optó por adoptar la medida de transitar hacia un modelo de enseñanza en línea, así como de trabajo en casa o teletrabajo, con el fin de brindar opciones a profesores y alumnos la posibilidad de continuar con sus actividades; es en ese momento en el que las SE TE convirtieron en herramientas fundamentales dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA).

En definitiva, esta experiencia evidencia que los modelos de enseñanza semipresencial, blearnig, mixtos o híbridos en la enseñanza universitaria no sólo son adecuados y pertinentes en el contexto de la sociedad digital en cuanto preparan y capacitan al alumnado en su formación competencial, sino que son una garantía de la enseñanza semipresencial a la enseñanza en línea [14].

Zumárraga, 2016 menciona que ha habido un arduo trabajo para la adopción del MEFI e identifica las estrategias institucionales de mayor impacto, a continuación, se enuncian las relacionadas con la tecnología educativa como es la creación e implementación del Programa Institucional de Habilitación en el MEFI cuyo objetivo es “habilitar a la comunidad académica en el MEFI” esto también tuvo un efecto positivo durante el año 2020 [15]. Este trabajo de habilitación de los profesores tuvo un impacto positivo en la adopción de los EVA.

Otro impacto positivo no esperado fue la rápida adopción de la herramienta Teams por parte de profesores y alumnos, estuvo determinada por diversos factores que ya se venían trabajando en la Universidad [8]:

- 1.El fortalecimiento del entorno virtual de aprendizaje y el desarrollo de habilidades digitales de los profesores que se venía realizando y los dos

Diplomados en Teams impartidos a profesores.  
2.El conocimiento de las herramientas de office 365  
3. La necesidad de impartir clases en línea usando la herramienta Teams.  
4. La preparación y organización del personal, durante la contingencia, para proporcionar la atención oportuna a los a los profesores y alumnos: Administradores de TI, Gestores Tecnológicos y personal de la Coordinación General de TIC.

## **Conclusiones**

Cada componente de la Arquitectura de los servicios de Tecnología Educativa requiere estar alineado con las prioridades y medidas en materia de educación del conjunto del Sistema educativo [16] para que la UADY pueda obtener los recursos que permitan el fortalecimiento de proyectos en desarrollo.

La Gestión del talento humano es el factor clave para que la Arquitectura de Servicios de Tecnología Educativa opere eficientemente ya factores como la comunicación efectiva, la definición clara de responsabilidades y la delegación de actividades resultaron claves en la implementación de la solución.

Los impactos positivos, como consecuencia de la pandemia ocasionada por el covid-19 fueron la rápida adopción de los profesores y alumnos de los EVA y de la herramienta Teams para las clases en línea.

Los resultados más relevantes obtenidos con la solución implementada son: la optimización de los recursos tecnológicos, la innovación en el servicio al integrar tecnologías, la rápida adopción de los EVA por parte de los profesores y alumnos y la mejora en la experiencia del aprendizaje en línea.

## **Agradecimientos**

A las Autoridades de la Universidad Autónoma de Yucatán, al Mtro. Sergio Cervera, Coordinador General de Tecnologías de Información y Comunicación.

Al equipo de trabajo de la CGTIC, al Mtro. Israel Novelo Zel, coordinador de Infraestructura Tecnológica y su gran equipo de trabajo.

Al equipo de trabajo de la Coordinación de Atención a Usuarios y Soporte Técnico: Luis Baeza, Yesli Lara y Sergio Aguilar.

Al equipo de trabajo del Departamento de Tecnología Educativa por la gran labor realizada para la implementación de la solución.

A nuestras familias por todo el apoyo, confianza y amor que nos dan.

## **Referencias**

1. López Ramírez, E.; Martínez Iñiguez, J; Ponce Ceballos, S: Tendencias globales de la educación superior en el contexto mexicano. *Revista Cubana de Educación Superior*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0257-43142020000100010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000100010&lng=es&tlng=es). (2020). Accedido el 19 de abril de 2021
2. Secretaría de Educación Pública, SEP.: Agenda colaborativa. Primer entregable. *Agenda Colaborativa*. [https://www.agendacolaborativa.mx/wp-content/uploads/2020/12/Entregable-1.-Agenda-Colaborativa-VF\\_web.pdf](https://www.agendacolaborativa.mx/wp-content/uploads/2020/12/Entregable-1.-Agenda-Colaborativa-VF_web.pdf) (2020). Accedido el 6 de abril 2021.
3. Ponce López, J.L.; Gutiérrez Díaz de León, L.A.; Castañeda De León, L.M.: Encuesta de continuidad académica en las IES durante la contingencia por COVID-19. *Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior*. (2020).
4. Secretaría de comunicaciones y transportes, SCT.: Marco de habilidades digitales. Proyecto. *Página web del gobierno de México*. Consultado el 3 de mayo de 2021 en el URL: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/444450/Marco\\_de\\_habilidades\\_digitales\\_vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/444450/Marco_de_habilidades_digitales_vf.pdf). (2019). Accedido el 3 de mayo 2021.
5. López Á. D.; Bahamonde R. A.; Velázquez I A.: Analfabetismo digital, un fenómeno que solo se puede combatir en la escuela. *The Conversation.Academic rigor, journalistic flair*. <https://theconversation.com/analfabetismo-digital-un-fenomeno-que-solo-se-puede-combatir-en-la-escuela-143931> (2020). Consultado el 22 de abril de 2021.
6. Universidad Autónoma de Yucatán, UADY.: Modelo Educativo para la Formación Integral. *Universidad Autónoma de Yucatán*. <http://www.diiie.dgda.uady.mx/page.php?id=14> (2012).
7. Universidad Autónoma de Yucatán, UADY.: Plan de desarrollo UADY Virtual 2013 -2020. *Universidad Autónoma de Yucatán*. (2013).
8. CEDIA.: Estado de las tecnologías de la información y la comunicación en Universidades Ecuatorianas. *CEDIA*. [https://www.cedia.edu.ec/dmdocuments/publicaciones/Libros/UETIC\\_2019.pdf](https://www.cedia.edu.ec/dmdocuments/publicaciones/Libros/UETIC_2019.pdf). (2019) Accedido el 30 de abril de 2021.
9. El-Seoud, M.; El-Sofany, H.; Taj-Eddin, I.; Nosseir, A., & El-Khouly, M. M.: Implementation of Web-Based Education in Egypt through Cloud Computing Technologies and Its Effect on Higher Education. *Higher Education Studies*, 3(3), 62–76. (2013).
10. Ponce López, J.L.: Estado actual de las tecnologías de la información y la comunicación en las instituciones de educación superior en México: estudio 2020. *Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior*. [https://estudio-tic.anuiies.mx/Estudio\\_ANUIES\\_TIC\\_2020.pdf](https://estudio-tic.anuiies.mx/Estudio_ANUIES_TIC_2020.pdf). (2020). Accedido el 10 de diciembre de 2020.
11. Barnes, R.: Moving Towards Technology Education: Factors That Facilitated Teachers’ Implementation of a Technology Curriculum. *Journal of Technology Education*, <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1064407.pdf> . (2005).
12. Quiñonez Pech, S; Zapata González, A; Canto Herrera, P.: Percepción de profesores sobre la afectividad en los entornos virtuales en una universidad pública del sureste de México. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, <https://doi.org/10.23913/ride.v9i17.378>. (2018).
13. Jordan, K.; David, R.; Phillips, T.; Pellini, A.: Educación durante la crisis de COVID-19: Oportunidades y limitaciones del uso de Tecnología Educativa en países de bajos ingresos. *Revista De Educación a Distancia (RED)*. <https://doi.org/10.6018/red.453621>. (2020).
14. Area-Moreira, M.; bethencourt-Aguilar, A.; Martín-gómez, S.: De la enseñanza semipresencial a la enseñanza online en tiempos de Covid19. *Visiones del alumnado. Campus Virtuales, Revista Científica Iberoamericana de Tecnología Educativa scientific journal of educational technology* ISSN: 2255-1514. <http://www.uajournals.com/campusvirtuales/images/numeros/17.pdf>. (2020). Accedido el 22 de diciembre de 2020.
15. Zumárraga, J.: Implementación del MEFI en los programas educativos de la

Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). *En P. Gudiño, & M. Escala, Innovación Interamericana en Educación Superior (págs. 209 -222. [https://colam.oui-iohe.org/wp-content/uploads/2020/09/Libro-Digital\\_Concurso-Premio-Interamericano-Innovaci%C3%B3n-Educativa-2016.pdf](https://colam.oui-iohe.org/wp-content/uploads/2020/09/Libro-Digital_Concurso-Premio-Interamericano-Innovaci%C3%B3n-Educativa-2016.pdf);* (2016). Consultado el 21 de diciembre de 2020.

16. Gross, B.; Sánchez Valero, J.-A.; García, I.; Alonso Cano, C.: Cuatro décadas de políticas para integrar las tecnologías digitales en el aula en Cataluña: acciones, logros y fracasos. (Spanish). *Digital Education Review*, 37, 79–95. <https://doi.org/10.1344/der.2020.37.79-95>. (2020).

## **Capítulo 2**

# **TICAL: Logrando universidades digitales seguras**



## SIU-Quechua: Sistema de validación de identidad para exámenes a distancia

Pamela Bezchinsky, Claudio Corlatti, Guillermo Diorio, Marcela Rossi

Sistema de Información Universitaria (SIU), Consejo Interuniversitario Nacional (CIN)  
Ecuador 871 Piso 3, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina  
[pbezchinsky@siu.edu.ar](mailto:pbezchinsky@siu.edu.ar), [ccorlatti@siu.edu.ar](mailto:ccorlatti@siu.edu.ar), [gdiorio@siu.edu.ar](mailto:gdiorio@siu.edu.ar),  
[mrossi@siu.edu.ar](mailto:mrossi@siu.edu.ar)

### Resumen

A partir del comienzo de la pandemia de COVID-19 y el establecimiento del aislamiento social preventivo y obligatorio en Argentina en marzo de 2020, el Sistema Universitario se vio afectado enormemente. En tiempo récord las universidades argentinas tomaron medidas para sostener la educación superior de manera remota haciendo uso de herramientas que facilitarían la virtualidad, convirtiendo y redefiniendo procedimientos y prácticas que históricamente se realizaban de manera presencial. En este marco las universidades, a través de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación (ME) y el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), detectaron la necesidad de implementar un mecanismo que permitiera darle validez a la toma de exámenes a distancia. El principal desafío era poder validar la identidad de los estudiantes que se presentarían virtualmente a rendir exámenes. Desde el Sistema de Información Universitaria (SIU) se trabajó en conjunto con el Registro Nacional de las Personas (RENAPER) del Ministerio del Interior de la Nación en el desarrollo de un sistema que facilitara este proceso. Así nació SIU-Quechua, el sistema informático para la validación de identidad de estudiantes universitarios.

**Palabras Clave:** SIU-Quechua, validación de identidad, RENAPER, Sistema de Información Universitaria, Consejo Interuniversitario Nacional, exámenes a distancia, Secretaría de Políticas Universitarias.

### Eje temático:

Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea.

Logrando universidades digitales seguras.

## **Problemática y contexto en que se propuso el proyecto**

A partir del comienzo de la pandemia de COVID-19 y el establecimiento del aislamiento social preventivo y obligatorio en Argentina en marzo de 2020, el Sistema Universitario se vio afectado enormemente.

En tiempo récord las instituciones universitarias argentinas tomaron medidas para sostener la educación superior de manera remota haciendo uso de herramientas que facilitaran la virtualidad, convirtiendo y redefiniendo procedimientos y prácticas que históricamente se realizaban de manera presencial.

En este marco las universidades, a través de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación de la Nación (ME) y el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), detectaron la necesidad de implementar un mecanismo que permitiera darle validez a la toma de exámenes a distancia.

El principal desafío era poder validar la identidad de los estudiantes que se presentaran virtualmente a rendir exámenes. Lo que se buscaba era reemplazar en la virtualidad la instancia presencial en la cual los estudiantes se presentan a rendir un examen y entregan su documento de identidad para que el docente pueda verificar que la persona es efectivamente quien dice ser.

El Sistema de Información Universitaria, creado en el año 1996, forma parte desde septiembre de 2013 del Consejo Interuniversitario Nacional, organismo público de coordinación, consulta y propuesta de políticas y estrategias de desarrollo universitario que nuclea a las instituciones universitarias nacionales y a las provinciales reconocidas por la Nación.

El SIU ofrece hoy un Ecosistema de soluciones para la administración digital de las distintas áreas de las instituciones que componen el sistema universitario nacional y de otros organismos. Este ecosistema es el resultado de 25 años de trabajo orientado hacia la integración de los distintos módulos de gestión y la implementación de herramientas transversales, y busca avanzar hacia la total transformación digital de las instituciones.

Desde el Sistema de Información Universitaria (SIU) se trabajó en conjunto con el Registro Nacional de las Personas (RENAPER) del Ministerio del Interior de la Nación en el desarrollo de un sistema que facilitara la validación de identidad de estudiantes universitarios. Así nació *SIU-Quechua*, un desarrollo pensado desde el Estado Argentino para todo el sistema universitario argentino que de ninguna manera vulnera los datos personales de quienes lo utilicen.

## **Descripción de la solución tecnológica implementada**

SIU-Quechua es una herramienta que se ofrece en la modalidad de *Software as a Service* (SaaS) desde el Consejo Interuniversitario Nacional para todas las instituciones universitarias que integran el mismo.

Se trata de un desarrollo web que cuenta con un backend desde el que se gestionan los exámenes, usuarios y una serie de configuraciones propias del sistema y una interfaz para los estudiantes a través de la cual se realiza el proceso de validación de identidad, cotejando los datos biométricos de la foto enviada con los alojados en RENAPER.



Fig. 1. Esquema de validación con SIU-Quechua.

### Descripción de arquitectura y tecnología utilizada

La solución fue desarrollada mediante el uso de herramientas de software libre: el framework SIU-Toba (PHP), Javascript, y PostgreSQL. Se realizaron optimizaciones para que el sistema soporte el alto uso y, en ese sentido, se implementó un esquema de infraestructura que se detalla en la imagen a continuación:

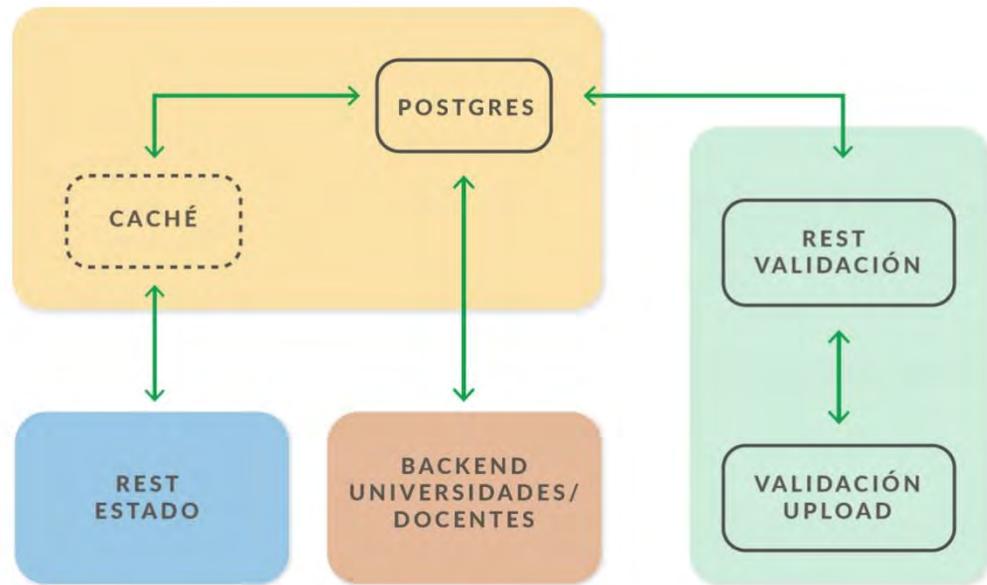


Fig. 2. Diagrama de infraestructura.

La aplicación fue desplegada en una arquitectura conformada por cuatro máquinas virtuales y una unidad de storage transversal montadas en la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria (ARIU).

La primera y más potente tiene alojado el cluster de PostgreSQL que es utilizado como motor de base de datos principal y a la vez como Caché para el webservice rest de consulta de estado. Las tres máquinas virtuales restantes comparten la unidad de storage transversal que es donde se alojan las imágenes que los estudiantes envían y sus características de hardware están pensadas y optimizadas para el objetivo que cumplen.

El backend es una máquina equilibrada en cuanto a CPU y RAM, aquí se despliega la solución de Backend, donde se dan de alta los estudiantes y se administra la configuración por parte de las instituciones. También aquí se encuentra el proceso de envío de e-mail a los estudiantes.

La máquina que aloja la parte de validación, es donde se suben y procesan las imágenes. Esta cuenta con mejor conectividad ya que al recibir imágenes el consumo de ancho de banda es mayor. También desde aquí se optimiza la imagen y se realiza la comunicación con RENAPER. Las características de hardware también aquí están equilibradas en CPU y RAM pero la cantidad de recursos dedicados es el doble que el de la máquina de Backend.

Finalmente, la máquina que aloja el webservice de consulta de estado fue la más compleja en su configuración por la cantidad de consultas concurrentes y lo crítico de su funcionalidad. Se optó por hacer una instalación en un servidor con más cantidad de CPU y RAM acorde.

Más allá de la infraestructura de hardware, el despliegue de la aplicación presentó desafíos de optimización en varios puntos críticos, luego detallados, que fueron clave para la utilización del sistema.

### Descripción funcional

En cuanto al circuito funcional, el sistema está pensado para que las universidades puedan dar de alta sus propios usuarios. Hay un perfil administrador que les permite generar usuarios de tipo docente. El alta de docentes puede realizarse de manera manual o bien realizar una importación desde un archivo de texto. También es posible sincronizar la operación a través de servicios web con una instalación del módulo de gestión académica SIU-Guaraní y traer los datos de los docentes allí registrados. Podría ser también otro sistema de gestión que cuente con un servicio que tenga las especificaciones requeridas por SIU-Quechua.

The image shows a web interface titled "ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS Y DOCENTES". It contains a form with the following fields: "Usuario" (text input), "Nombre" (text input), "Grupo acceso" (dropdown menu with "-- Seleccione --" selected), and "Institucion" (dropdown menu). Below the form are two green buttons labeled "Filtrar" and "Limpiar". At the bottom of the interface, there are three green buttons: "Agregar Administrador", "Agregar Docentes Manual", and "Agregar Docentes desde Archivo".

Fig. 3. ABM de usuarios.

Tanto los usuarios administradores como los docentes pueden crear exámenes cargando datos básicos como la fecha, la hora y el nombre de la materia. También se pueden asociar docentes que luego tendrán acceso para poder aceptar las validaciones de identidad del examen.

Cada examen requiere de la carga del listado de estudiantes correspondiente. Los datos de los estudiantes pueden ser cargados de manera manual pero también se pueden importar masivamente desde un archivo de texto o bien sincronizar a través del uso de servicios web con una instalación del sistema SIU-Guaraní (o de cualquier otro sistema que cuente con un servicio que cumpla con las especificaciones requeridas para este fin). Los datos requeridos para los estudiantes son apellidos, nombres, número de DNI (no se solicita el tipo de documento ya que el servicio provisto por RENAPER solamente cuenta con información de personas con Documento Nacional de Identidad), sexo y correo electrónico.

ACTAS  
 Conferencia TICAL2021 y 5º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia  
 “Repensando La Universidad Impulsada por las Tecnologías Digitales”  
 En-Línea – 30 de agosto - 2 de septiembre, 2021

**DATOS DE LA EVALUACIÓN**

Docente titular (*)	Abdelmash, Samira Sumara
Identificador de la evaluación	
Fecha de la evaluación (*)	31/03/2021
Hora de la evaluación (*)	11:15
Programación de envío (*)	2dhs antes de la evaluación

**OTROS DOCENTES**

Docente(\*)

**FILTRAR ESTUDIANTES**

DNI	
Nombre	
SIN RENAPER	Todos

Filtrar
Limpiar

**ESTUDIANTES**

Agregar desde archivo
Agregar desde Guaraní
Agregar manual
Eliminar seleccionados
Seleccionar NO verificados
Seleccionar/Desseleccionar todos

Apellidos	Nombres	SIN RENAPER	DNI	Sexo	Correo electrónico	Estado	Notificación	
<a href="#">Dela</a>	Guila	SI	23484806	M	gdoreto@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 10:33	Enviada 07/04/2021 13:33	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Bebel</a>	Franz Ludwig	SI	31960101	M	gdoreto+77@siu.edu.ar	NO Confirmado 07/04/2021 12:36	Enviada 07/04/2021 14:17	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Crisola antonieta</a>	Tincho	SI	29499530	M	gdoreto+44@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 10:27	Enviada 07/04/2021 13:27	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Mirono de Alzola</a>	José Argentina	SI	31459610	M	gdoreto+224@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 10:26	Enviada 07/04/2021 13:27	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Basta y Antonieta de Bostan</a>	Nacho	SI	16877105	M	gdoreto+66@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 10:57	Enviada 07/04/2021 13:49	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Pablo</a>	Germán	NO	20484806	M	gdoreto+355@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 10:54	Enviada 07/04/2021 13:53	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Ulricha Tania</a>	Hernando	SI	20841125	M	gdoreto+88@siu.edu.ar	Confirmado 07/04/2021 11:26	Enviada 07/04/2021 14:35	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Betty</a>	Yesica Yanna	SI	30274111	F	gdoreto+99@siu.edu.ar	Confirmado 16/04/2021 11:49	Enviada 16/04/2021 18:33	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Basta de Antonieta</a>	Boca Ars.	SI	30982085	M	gdoreto+012@siu.edu.ar	Confirmado 16/04/2021 17:31	Enviada 16/04/2021 20:31	<input type="checkbox"/> Copiar token
<a href="#">Ulricha Tania</a>	Franz Ahadeus	SI	16877177	M	gdoreto+08@siu.edu.ar	Confirmado 16/04/2021 15:21	Enviada 16/04/2021 18:22	<input type="checkbox"/> Copiar token

Agregar desde archivo
Agregar desde Guaraní
Agregar manual
Eliminar seleccionados
Seleccionar NO verificados
Seleccionar/Desseleccionar todos

Volver
Guardar
Enviar solicitud de verificación

**Fig. 4.** Gestión de evaluaciones.

Una vez cargados los datos del examen y la lista de estudiantes se puede optar por programar el envío de notificaciones o bien realizarlo en el momento.

Las notificaciones se envían por correo electrónico a la dirección registrada para cada estudiante. En el correo se le indica al interesado que la universidad requiere que complete el circuito de validación de identidad para rendir el examen (se detallan los datos del mismo) y se le envía un enlace para que realice el proceso.

El enlace contiene un token que el sistema genera para cada estudiante en cada examen. Este token permite luego validar los intentos de verificación de una persona.

Cuando el estudiante accede al formulario de validación se le solicita que suba una foto. En caso de hacerlo desde un teléfono celular se puede tomar la foto usando la cámara del mismo o bien seleccionar una foto del sistema de archivos si se encuentra en una computadora. Los requisitos de la foto están dados por el servicio provisto por RENAPER, ya que el proceso que realiza SIU-Quechua una vez que el usuario provee el archivo es enviar una consulta con los datos de la persona y la foto para que la misma sea validada contra el registro que tiene RENAPER. El servicio de RENAPER devuelve un porcentaje de coincidencia. Se espera que el porcentaje supere el 60% para dar por validada la identidad de la persona. En caso de que la respuesta sea menor se le solicita al usuario que intente nuevamente con otra foto. Se le dan 5 intentos y en caso de que no haya un resultado positivo se redirige al usuario a un formulario alternativo.

**Validación de Identidad**

Si utilizás un dispositivo móvil esta pantalla te permite utilizar la cámara para validar tu identidad.

Hola **Claudio**, Universidad de Buenos Aires solicita validar tu identidad para la evaluación: "Evaluación de prueba 1" a realizarse el 27/04/2021 a las 11:00hs.  
Por favor verifica tus datos y envianos una foto según el siguiente instructivo.

**Datos personales**  
Claudio Corlatti, DNI 30065027

**Foto**  
Foto (\*)  
Choose File No file chosen

Acepto los términos

**VERIFICAR IDENTIDAD**

**Fig. 5.** Interfaz de validación para estudiantes.

Dado que el RENAPER solamente cuenta con registro de personas con DNI argentino y muchos estudiantes no poseen este documento (por ser extranjeros, por ejemplo) se incorporó en SIU-Quechua un circuito alternativo de validación “manual”. Este circuito se utiliza en dos casos: cuando se cargan estudiantes en un examen y ya se sabe que son extranjeros (se los marca en el listado) o bien después de que un estudiante haya agotado los intentos permitidos por el circuito de validación principal.

En el formulario alternativo se solicita al estudiante que además de subir una foto suya provea una foto de su documento de identidad. En este caso no se envía la consulta a RENAPER sino que se almacenan los archivos para que los mismos sean evaluados por un docente o administrador del sistema.

El proceso de validación de las personas está pensado para que llegada la instancia del examen haya un docente que realice una verificación visual de las personas que se presentan a rendir. Es decir que el docente, en el momento de tomar el examen a través de una videoconferencia conectado con los estudiantes, pueda ir revisando que las fotos suministradas y validadas por RENAPER coincidan con la persona que se encuentra en ese momento rindiendo el examen.

Cuando se trate de extranjeros o casos que no pudieron realizar la verificación automática el docente podrá ver la documentación registrada y validarla en ese mismo momento.

ACTAS  
 Conferencia TICAL2021 y 5º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia  
 “Repensando La Universidad Impulsada por las Tecnologías Digitales”  
 En-Línea – 30 de agosto - 2 de septiembre, 2021

Evaluación de prueba - Universidad de Prueba  
 Fecha: 31/03/2021 11:15

Indicadores de estado  
 Total 16  
 No ingresaron 0 Aprobados RENAPER 1 Rechazados RENAPER 0 Confirmado 9 Confirmado - Rechazado 1

FILTRO  
 DNI:   
 Estado: Todos  
 SIN RENAPER: Todos

BRICOLAGE II - ARTESANÍAS EN AZÚCAR IMPALPABLE > UNIVERSIDAD DE PRUEBA FECHA: 31/03/2021 11:15

Dni	SIN RENAPER	Nombre	Apellido	Email	Foto	Estado	Intentos	% RENAPER
20484800	SI	Guille	Dile	gdioroto@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 10:33	7 / 5	-
29489520	SI	Tincho	Cusato anchorena	gdioroto+44@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 10:27	1 / 5	-
31459610	SI	Jose Erika Juniori El mas grande de Argentina	Marmo de Azaga	gdioroto+224@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 10:26	1 / 5	-
16877165	SI	Nacho	Bisso y Anchorena de Borbon	gdioroto+66@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 10:57	1 / 5	-
31060101	SI	Franz Ludwig	Repat	gdioroto+77@siu.edu.ar		NO Confirmado 07/04/2021 12:36	1 / 5	-
29841120	SI	Hernando	Urquiza Turin	gdioroto+88@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 11:26	1 / 5	-
30974111	SI	Yesica Yamna	Benso	gdioroto+99@siu.edu.ar		Confirmado 16/04/2021 11:49	1 / 5	-
30962985	SI	Boca Jr. El mas grande de América	Ruiz de Anchorena	gdioroto+012@siu.edu.ar		Confirmado 16/04/2021 17:37	1 / 5	-
16877177	SI	Franz Amadeus	Urquiza Turin	gdioroto+08@siu.edu.ar		Confirmado 19/04/2021 15:21	1 / 5	-
20484805	NO	Germana	Pazlo	gdioroto+355@siu.edu.ar		Confirmado 07/04/2021 10:54	2 / 5	61

Volver a Inicio Cerrar evaluación

**Fig. 6.** Gestión de validaciones.

Tanto para los casos que fueron validados o rechazados por RENAPER como para los casos del formulario alternativo el docente tiene la posibilidad de aceptar o rechazar el trámite. Esta acción por parte del docente queda registrada en el sistema.

Una vez finalizada la toma del examen se procede a realizar el cierre del mismo. Esto implica que a partir de ese momento ya no se pueden modificar los datos registrados y también que se eliminan definitivamente los archivos con las fotos de los estudiantes para cumplir con los requerimientos de uso de datos personales de RENAPER. El acta del examen cerrada se puede descargar como PDF.

Por último, cabe mencionar que el sistema cuenta con servicios REST que facilitan la sincronización de la validación de identidad con el ingreso a herramientas de toma de exámenes virtuales como Moodle de manera tal que la validación por SIU-Quechua sea confirmada al momento de ingresar a rendir el examen.

## **Aspectos críticos y relevantes a resaltar y detallar**

A la hora de implementar SIU-Quechua se presentaron algunos desafíos tanto desde el punto de vista funcional como técnico.

En primer lugar, el SIU tuvo que presentar una solución operativa en un corto período de tiempo. Desde que se planteó la necesidad hasta que se publicó la primera versión del sistema pasó un mes y medio. En ese tiempo hubo que realizar tareas de análisis para que el producto resolviera de manera integral y efectiva la problemática de las instituciones universitarias de todo el país, entendiendo que la realidad de cada una de ellas es particular. El conocimiento por parte del SIU del sistema universitario argentino permitió diseñar un esquema lo suficientemente flexible y sólido para ofrecer una solución que fuera viable en su implementación y uso.

Se contó con el aporte de referentes de distintas universidades que participaron en el proceso de análisis y se definió un circuito común que se fue ajustando a medida que se avanzaba con el desarrollo.

Al mismo tiempo, se contó con el apoyo de la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria (ARIU) que aportó la infraestructura necesaria para la puesta en marcha del sistema. En colaboración permanente con el equipo de Infraestructura Tecnológica del SIU y miembros del equipo de desarrollo se trabajó en la arquitectura necesaria para que el sistema se adaptara a la demanda que se estimaba que podía tener.

En sus inicios, el sistema iba a ser desplegado en una arquitectura básica con dos máquinas virtuales, una para la base de datos y otra para la totalidad de las funcionalidades del sistema. En las últimas etapas del desarrollo pudimos recabar información acerca de la cantidad de estudiantes por examen, las fechas aproximadas de exámenes y en base a esta información realizamos diferentes pruebas de estrés sobre el sistema.

Analizando el resultado de estas pruebas y contando con la información nueva, se encontraron puntos críticos en el proceso que tuvieron que ser reforzados. La concurrencia y criticidad del servicio de consulta de estado fue uno de los mayores desafíos. Los tiempos iniciales de respuesta rondaban los 200 ms. y parecían razonables, pero dada la concurrencia los tiempos aumentaban de forma exponencial hasta acercarse a los 2 segundos y se producía una sobrecarga tanto en el servidor de base de datos como el del propio webservice.

Para resolver estas situaciones se separó la instalación de este componente en otro servidor y se realizaron configuraciones específicas para que pudiera recibir más peticiones por segundo y atenderlas en paralelo. También se implementó un sistema de Caché para lograr reducir el tiempo de la consulta en sí y liberar de carga el motor de la base de datos.

Con estas mejoras, y luego de nuevas pruebas de estrés, se pudo determinar que no solo se redujo el tiempo de respuesta de la consulta, sino que se amplió la capacidad para manejar varios cientos de consultas concurrentes, tomando como concurrente aquellas consultas realizadas en un mismo instante en el tiempo.

Dada esta experiencia, tomamos el mismo camino con el módulo que recibe la imagen tomada por el estudiante y realiza la validación en sí. Se separó también

en una máquina virtual individual y las optimizaciones fueron pensadas teniendo en cuenta que la recepción de imágenes desde conexiones lentas podría provocar una cantidad de hilos paralelos de larga duración. Se simuló la situación y se tomaron decisiones en base a los datos obtenidos, ampliando el tiempo de vida de los hilos y la capacidad de atender peticiones concurrentes en paralelo.

Por otra parte, se transformó el circuito de validación que inicialmente era de 3 pasos a solo 1 paso, de este modo se redujo significativamente la interacción con el servidor. También se detectaron casos comunes de validación errónea en RENAPER y se previnieron adaptando las fotos recibidas antes de su envío, reduciendo así la cantidad de intentos, el tiempo de la consulta y finalmente el soporte.

Otro punto clave y crítico fue el envío de mensajes de notificación, concebido desde su comienzo como un proceso centralizado y asíncrono para desacoplarse de la interfaz web. Nos encontramos con que la cantidad de envíos sería significativamente más alta de lo esperado y en ventanas de tiempo que eran bastante reducidas. Esto provocaba rechazos y bloqueos por parte de los servidores de envío, aumentaba las probabilidades de caer en listas negras y casi con seguridad los distintos receptores catalogarían automáticamente nuestros mensajes como correo no deseado.

Este proceso se encuentra en mejoras continuas desde su implementación. En una primera etapa se desarrolló un esquema de rotación de smtp y cuentas de e-mail distintas que dio buenos resultados. Actualmente, nos encontramos integrando servidores de envío exclusivos de cada institución y sumando servidores propios que permitan la trazabilidad de los mensajes para asegurar su recepción por parte de los destinatarios.

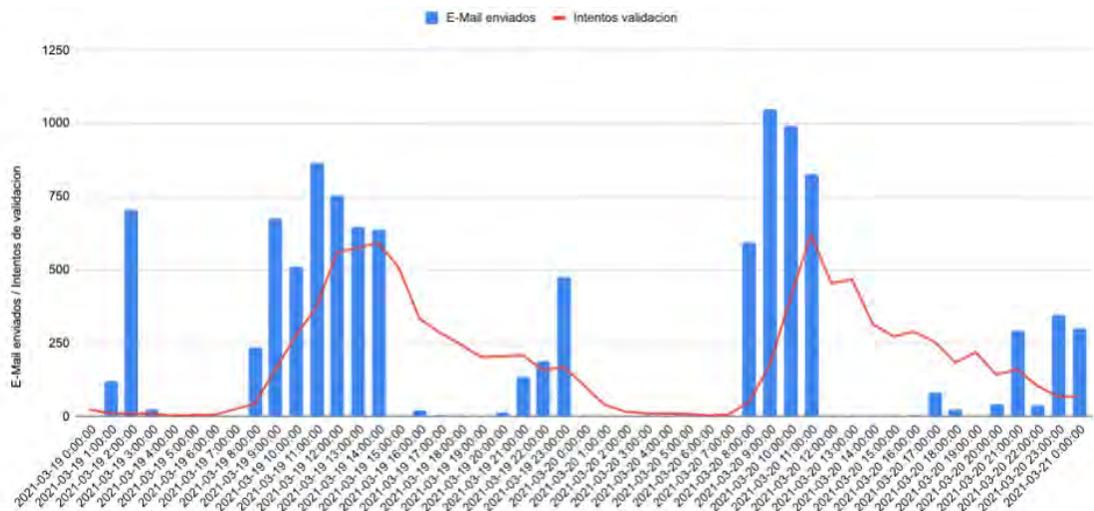


Fig. 7. Monitoreo de envío de mails e intentos de validación.

Desde el envío masivo de correo hasta las consultas concurrentes, hubo que ajustar procesos y resolver configuraciones de manera tal que durante los picos de uso no hubiera problemas que complicaran la toma de exámenes. En el contexto de virtualidad forzada por la pandemia era fundamental poder dar estabilidad y certeza a la hora de usar el sistema de validación.

Finalmente, se tuvo que acelerar la capacitación y la difusión sobre el uso del sistema a todas las instituciones universitarias. Para ello se trabajó en conjunto con el Área de Contenidos, Comunidades y Comunicación del SIU que elaboró material y acompañó al equipo a cargo del desarrollo en la realización de un webinar en el cual participaron miembros de las universidades interesadas en el uso del sistema. El webinar quedó disponible en los canales del SIU junto con una serie de manuales y videos explicativos en cuya elaboración también trabajó un equipo de la Universidad Nacional de Lanús.<sup>1</sup>

## **Resultados obtenidos y su impacto.**

Los resultados obtenidos a partir de la implementación de SIU-Quechua superaron las expectativas. La primera universidad en usar el sistema de manera intensiva fue la *Universidad de Buenos Aires (UBA)* para los exámenes de su programa de educación a distancia UBA XXI. En el primer mes de uso la UBA tomó 21 exámenes con un total de 13.024 estudiantes que realizaron la verificación de identidad usando SIU-Quechua.

Un mes después se sumó la *Universidad Nacional de Lanús (UNLA)* que utilizó el sistema para la toma de 428 exámenes y más de 4.000 estudiantes.

Gracias a la experiencia de uso de estas dos instituciones se pudo evaluar la performance del sistema en dos escenarios muy diferentes: exámenes con gran cantidad de estudiantes pero separados en el tiempo y muchos exámenes con menos cantidad de estudiantes en un mismo día. En un caso la administración fue centralizada por UBA XXI con un equipo validando y dando soporte mientras que en la UNLA se descentralizó el proceso en los docentes.

En los 8 meses que el sistema lleva productivo se han sumado 12 instituciones más siendo 14 las que actualmente lo están usando o realizando pruebas.

*En total se han gestionado 6.049 exámenes con un total de 281.137 estudiantes.*

La incorporación de SIU-Quechua en el circuito de toma de exámenes a distancia es sin dudas un elemento innovador para asegurar la continuidad de la educación superior en las universidades nacionales. Se le aportan garantías a la toma de exámenes en el marco de la virtualidad y esperamos que en el transcurso del 2021 se sigan incorporando nuevas instituciones.

## **Aprendizajes (aciertos y errores)**

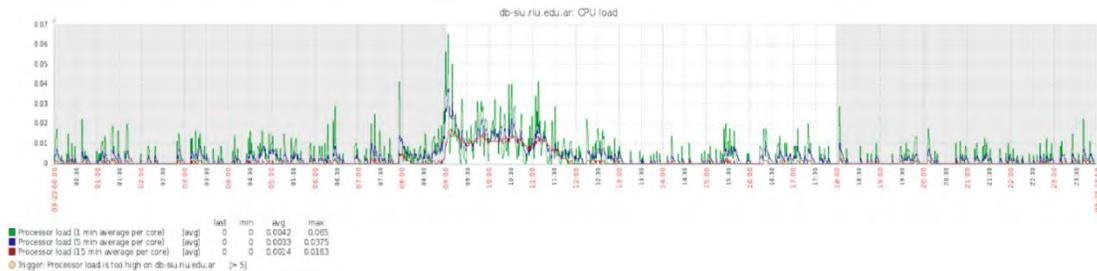
Con respecto a los aciertos en el desarrollo de esta herramienta podemos mencionar la pronta respuesta que se brindó al sistema universitario ante una necesidad concreta en un contexto desconocido y complejo. El haber contado con el servicio del RENAPER en tiempo récord nos dio la posibilidad de presentar un sistema que rápidamente cumplió el objetivo planteado por la comunidad educativa. Si bien se podría haber pensado en mecanismos más sofisticados para resolver el requerimiento se optó por una solución sencilla que cubriera las

---

<sup>1</sup> Todo el material se encuentra disponible en el Foro del SIU: <http://foro.comunidad.siu.edu.ar/>

principales demandas de los usuarios.

Sobre los errores, deberíamos mencionar que en el inicio no contábamos con los datos suficientes para determinar la escala real de la implementación y uso de esta solución. A lo largo del desarrollo fuimos identificando puntos críticos a mejorar que podrían haber sido previstos desde la concepción misma del sistema. Incorporamos pruebas de estrés en estadios ya avanzados del desarrollo y los resultados no fueron buenos, dejándonos poco tiempo para mejorar la situación.



**Fig. 8.** Monitoreo de servidores y base de datos.

Como aprendizajes, se incorporaron en nuestro workflow de desarrollo este tipo de pruebas y esta experiencia nos deja un vasto conocimiento de optimización.

A la vez, el equipo de desarrollo en general del SIU se nutre de esta experiencia pensando y proyectando sistemas escalables desde su comienzo.

También se toma como aprendizaje incorporar los datos y estimaciones de futuros usos de la aplicación para tenerlo en cuenta e identificar potenciales problemas desde el comienzo.

## Impactos no esperados

El desarrollo de SIU-Quechua abrió una serie de posibilidades de aplicación del circuito de validación de identidad para otros trámites a distancia en el contexto de la pandemia pero que probablemente continúen y convivan con la presencialidad en el futuro.

Si bien aún no se concretó ningún convenio alternativo con otros organismos hemos recibido pedidos para adaptar el uso del sistema en trámites como la asignación de firma digital.

Se espera que con el correr del tiempo se pueda brindar el servicio a otros interesados o bien se pueda distribuir el software para aquellos que quieran usarlo en otros contextos y/o adaptarlo a otras necesidades específicas.

## Agradecimientos

Las autoras y autores desean expresar su agradecimiento a quienes colaboraron y apoyaron este proyecto:

A las autoridades del CIN que se ocuparon de formalizar el convenio con RENAPER y al personal administrativo que trabajó en la gestión de los convenios particulares con las instituciones universitarias.

A la SPU por articular los esfuerzos de los organismos involucrados y facilitar las instancias de difusión y capacitación del sistema.

Al equipo técnico de la ARIU que facilitó el entorno y la infraestructura necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

A los técnicos del SIU que colaboraron en el diseño y mejoramiento de la arquitectura del sistema.

Al Área de Comunidades, Contenido y Comunicación del SIU por su apoyo en las instancias de difusión y comunicación con las universidades.

Finalmente, al equipo de análisis y desarrollo que trabajó en tiempo récord para poder ofrecer una solución eficaz y eficiente al sistema universitario.

## Referencias

1. Manual de usuario [“Sistema de verificación de identidad para exámenes universitarios”](#)
2. Espacio de consulta para usuarios en el Foro Comunidad SIU, <http://foro.comunidad.siu.edu.ar/index.php?board=96.0>
3. Webinar SIU-Quechua, <https://youtu.be/qpFQnfE61Ys>
4. Tutoriales en video según perfil:
5. SIU-Quechua | ¿Cómo sacar correctamente la fotografía? Estudiantes <https://youtu.be/mNabzj1ijrc>
6. SIU-Quechua | ¿Cómo usar la herramienta? Docentes [https://youtu.be/4K\\_2MLIJQwA](https://youtu.be/4K_2MLIJQwA)
7. SIU-Quechua| Rol administrador <https://youtu.be/UzUeg5gW4S4>
8. SIU-Quechua| Rol Docente\_Crear evaluación <https://youtu.be/86xcFwdc1yY>
9. SIU-Quechua| Rol docente\_Verificación de identidad [https://youtu.be/z6e2Wg\\_CHO](https://youtu.be/z6e2Wg_CHO)

## **eduVPN: Acceso remoto seguro a recursos administrativos, académicos y de investigación**

Carlos A. Pedreros Lizama<sup>a</sup>, Alejandro Lara Molina<sup>b</sup>, María Irene Delgado<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centro de Informática y Computación, Universidad de La Serena, Benavente 980,  
La Serena, Región de Coquimbo, Chile  
cpedreros@userena.cl

<sup>b</sup> Red Universitaria Nacional - REUNA, José Domingo Cañas 2819,  
Ñuñoa, Región Metropolitana, Chile  
alara@reuna.cl, mdlgado@reuna.cl

### **Resumen**

En el contexto actual de pandemia, el acceso a servicios y recursos accesibles solo desde las redes internas de las instituciones se ha vuelto esencial para académicos, funcionarios y alumnos. En ese sentido, los servicios de VPN son claves para satisfacer esta demanda, pero sus altos costos de implementación, sumado a la cantidad de usuarios concurrentes, hacen que estas soluciones se restrinjan a ciertos grupos y/o usuarios. Si bien existen soluciones de código abierto, estas no cuentan con buen soporte.

Es así que aparece eduVPN, una solución de código abierto pensada en la comunidad académica global, que ya cuenta con una exitosa experiencia en instituciones de Europa, África y Oceanía.

En este documento se presenta la primera experiencia en América, llevada a cabo por la Universidad de la Serena y REUNA, la RNIE de Chile.

**Palabras Clave:** eduVPN, VPN, implementación, servicio, Universidad de La Serena, REUNA.

**Eje temático:** Tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores.

## 1. Introducción

Un acceso VPN es una conexión privada y virtual a través de Internet, a la red interna de una organización. Si bien no es una tecnología nueva en el mercado, en el contexto actual de pandemia, ha suscitado un repunte en su implementación y alcance, sobre todo en el ámbito académico, donde los recursos de información están en dependencia de la Institución, lejos del alcance físico de los estudiantes, académicos e investigadores.

El acceso VPN se ha convertido en una herramienta clave para poder llevar a cabo las tareas propias de una Institución, sin importar la ubicación geográfica de sus usuarios, mientras estos tengan acceso a un computador y a Internet.

En el último tiempo, los proveedores han implementado el acceso VPN como servicio complementario a hardware dedicado de seguridad de redes, tales como balanceadores de carga o firewalls. Bajo este escenario, y dados los límites impuestos por las capacidades físicas del *appliance* y/o de las restricciones del licenciamiento contratado, la pregunta a responder es a qué grupo de usuarios se les otorga acceso y a cuántos dentro de ellos.

Si bien existen soluciones de código abierto para satisfacer una mayor demanda, la falta de soporte técnico de éstos proyectos suele ser el factor determinante para descartarlas en pos de soluciones comerciales.

Pero cuando se encuentra un servicio de acceso VPN como eduVPN, el que está basado en una arquitectura de código abierto, que es ampliamente usado por universidades de Europa, África y Oceanía, que además cuenta un grupo de desarrolladores prestos a ayudar en la implementación y una comunidad con años de experiencia, lleva a analizar sus ventajas y desventajas contra las soluciones comerciales y a tomar en consideración su implementación.

En este documento se presenta la experiencia de la Universidad de La Serena en la implementación de eduVPN para su comunidad, así como la experiencia de REUNA, la RNIE chilena, en cuanto a formalizar su participación en el servicio, de manera de establecer un canal formal de validación de implementaciones eduVPN para su comunidad.

## 2. Contexto del servicio VPN en la Universidad de La Serena

Como parte de su estrategia de transformación digital, en la Universidad de La Serena (ULS), la gran mayoría de los servicios y procesos administrativos, financieros, académicos y científicos están soportados por un sistema informático, denominado Plataforma Phoenix. ULS la cual está disponible a través de un acceso web a través de Internet, desde cualquier parte del mundo.

Debido a la necesidad de aplicar un modelo de seguridad y trazabilidad adicional, se definieron como excepciones sin acceso público a las plataformas ERP financiero y a los servicios de cómputo y almacenamiento virtualizado.

También, se definió como excepción sin acceso público a las revistas, publicaciones y bases de datos académicas y científicas, para el debido cumplimiento de las condiciones contractuales definidas por los proveedores de estas últimas.

Para poder proveer acceso a estos recursos, se definió la utilización del servicio VPN proporcionada por el firewall de acceso institucional, utilizando un *appliance*

en alta disponibilidad de la marca Fortinet. Con este servicio de acceso VPN se pudo dar acceso a alumnos de postgrado, funcionarios administrativos y académicos a los servicios antes descritos.

El acceso VPN, al estar integrado a la solución de seguridad de red, permite una alta granularidad para la definición de permisos de acceso, tanto para los usuarios como para los servicios que estos acceden. Pero esta granularidad, requiere de un constante seguimiento de las reglas de seguridad implementadas y definición específica por cada usuario, invirtiendo una cantidad importante de tiempo del personal técnico.

El universo de usuarios habilitados en el *appliance* de seguridad es:

- Usuarios con acceso al ERP financiero
  
- Usuarios con acceso a revistas científicas
  
- Usuarios con ambos perfiles

Esta definición de servicio, si bien cumplía con las necesidades institucionales de disponibilidad, seguridad y calidad de servicio, no estuvo exenta de problema para los usuarios, muchos de los cuales se vieron exacerbados con la modalidad de trabajo remoto.

Los principales tipos de problemas recibidos son:

- Olvido de contraseñas.
  
- Instalación de una versión incorrecta del software cliente.
  
- Configuración errónea de los parámetros de conexión, por parte del usuario.

Otro potencial problema identificado, es el límite de potenciales clientes conectados, el cual está definido por la capacidad del hardware adquirido, por lo que en la necesidad de crecimiento se debe adquirir un *appliance* de mayor potencia en su reemplazo.

Buscando experiencias en instituciones de investigación y universidades de Chile y el mundo, sobre cómo gestionar el acceso a estos recursos, se encontró varios casos en Europa de la implementación del servicio eduVPN.

### **3. eduVPN, el servicio de acceso para la investigación y educación**

El proyecto eduVPN tiene como finalidad facilitar la implementación y el uso de VPN, disponiendo de software tanto de servidor como de cliente, de modo de permitir un despliegue y adopción acorde con las tecnologías y protocolos utilizados en las instituciones de investigación y educación, como por ejemplo identidad federada mediante SAML2.

Con eduVPN una institución puede proporcionar un servicio de VPN en su infraestructura tecnológica y con aplicaciones de usuario final de interfaz intuitiva, para facilitar un acceso seguro y encriptado a su comunidad a recursos que solo es posible accederlos dentro de su red institucional, como por ejemplo revistas científicas, plataformas internas, o Internet, según lo defina.

---

2 Security Assertion Markup Language: <http://docs.oasis-open.org/security/saml/Post2.0/sstc-saml-tech-overview-2.0.html>

Esta iniciativa parte en 2015 como un proyecto de SURF, la red académica de Países Bajos, el que luego continúa con la colaboración de NORDUnet (Red de colaboración de las redes académicas de los países nórdicos), DeiC (Red académica de Dinamarca) y AARNet (Red académica de Australia) con el fin de hacer de eduVPN un “estándar VPN” para la comunidad de las redes de investigación y educación. A la fecha, eduVPN se encuentra desplegado en 73 instituciones de 18 países [1] y cuenta con el apoyo de GÉANT (Red Paneuropea, bajo el proyecto GN4-3) y de la Unión Europea, además de el auspicio de Vietsch Foundation, RIPE y NLnet Foundation. Está asociado como programa de la Commons Conservancy, una fundación sin fines de lucro enfocada en proyectos gratuitos y de código abierto y tiene licencia Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (CC BY-SA 4.0) [2].

Dentro de la administración de eduVPN se distinguen dos roles [3]:

- **Operador Nacional de eduVPN (eNO):** Rol asociado a las Redes Nacionales de Investigación y Educación (RNIE). Corresponde a quien valida dentro de un territorio las instancias eduVPN de instituciones y las presenta a eduVPN, a fin de que estas sean oficialmente reconocidas. Además, puede implementar una instancia eduVPN que actúe como servidor de acceso a Internet seguro para su comunidad.
- **Operador de Instancia eduVPN (eIO):** Rol asociado a las instituciones de investigación y educación. Corresponde a una instancia que permite el acceso seguro a la(s) red(es) interna(s) de la institución, con la finalidad de ofrecer acceso a recursos internos a su comunidad.

### 3.1. Por qué usar eduVPN

eduVPN está basado en una arquitectura de software de código abierto que utiliza hardware x86-64 genérico, lo cual permite escalabilidad en base a los recursos de hardware disponibles. Esto quiere decir, que mientras se aumenta la capacidad de cómputo, se incrementa la cantidad de usuarios concurrentes que pueden hacer uso del servicio [4].

Un nodo de cómputo con 16 CPU cores puede soportar a 1.000 usuarios concurrentes. Si se requiere proveer de servicio a más usuarios, se puede añadir nodos adicionales de las mismas capacidades.

Esta arquitectura está pensada para sacar provecho a infraestructura propia y es altamente compatible con virtualización, ya que puede administrarse de manera sencilla la definición de crecimiento horizontal y/o vertical para brindar el servicio.

Una de las premisas de este proyecto es la seguridad y privacidad de quienes hacen uso de este servicio, por lo que se incorporan métodos de configuración y buenas prácticas de implementación, como el implementar protocolos de encriptación de altísimo nivel [5].

El modelo sugerido de crecimiento gradual, es la implementación de un clúster de múltiples nodos y un controlador, donde pueden agregarse nuevos nodos de acceso, a medida que la cantidad de usuarios vaya subiendo.

Si se comparan los costos de hardware x86-64 con respecto a un *appliance* de seguridad de red dedicado, más el licenciamiento y renovación de soporte anual, eduVPN se convierte en una excelente opción de servicio de acceso VPN para una organización con un gran número de usuarios.

## 4. Proceso de implementación de eduVPN

#### 4.1. Diseño de la implementación en la Universidad de La Serena

Para validar y entender de forma práctica los conceptos presentados en la documentación del proyecto, se define la creación de una prueba de concepto donde se implementa una instancia de un solo nodo [6] y se integra con el sistema de autenticación centralizada de la Universidad, utilizando el protocolo SAML. Para la creación de esta instancia se procede a crear una máquina virtual de 8 vCPU, 8 GB de RAM y un disco de 20 GB, se instala el sistema operativo CentOS 7 y se procede a seguir las indicaciones de la documentación disponible. Para poder integrar esta instancia al sistema de autenticación centralizada, se procede a seguir la documentación para la instalación de los componentes necesarios y su configuración para utilizar el protocolo SAML [7].

En la prueba de concepto se logra acceder utilizando los clientes nativos para dispositivos móviles iOS, Android, Windows y macOS utilizando un dominio público disponibilizado para tales efectos, permitiendo el acceso a los recursos de la red privada de la Universidad.

Posteriormente, luego de tener excelentes resultados de rendimiento en las pruebas de comunicación, uso y acceso, se procede a diseñar un despliegue multinodo [8], aprovechando las capacidades internas de la arquitectura de servicios y hardware de la Universidad.

En el diseño lógico, se define la creación de dos perfiles de servicios:

- **Internet Académico**, el cual corresponde a la enrutación de todo el tráfico del usuario a través del acceso VPN, para que pueda acceder a los recursos de información que solo están disponibles, si es que accede desde la red Institucional.
- **Plataforma Financiera**, el cual corresponde a la enrutación de solo el tráfico destinado al ERP financiero, el cual está disponible a un único segmento de red definido en las reglas de servicio del mencionado perfil.

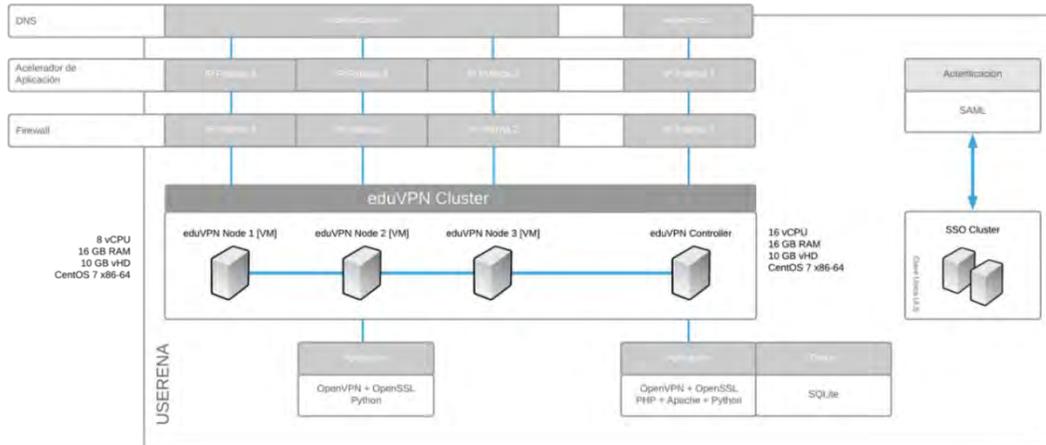
El diseño físico, consta de la creación de un clúster de 3 nodos para el acceso de los usuarios, utilizando 3 máquinas virtuales de 8 vCPU, 16 GB de RAM, 10 GB de almacenamiento, y sistema operativo CentOS 7, más un nodo controlador utilizando una máquina virtual de 16 vCPU, 16 GB de RAM, 10 GB de almacenamiento, y sistema operativo CentOS 7, igualmente.

A cada máquina virtual, se le asigna una IP interna correspondiente a una VLAN aislada de los demás recursos de cómputo, para que solo a través de reglas de acceso del Firewall de acceso, los clientes conectados tengan acceso a los servicios de la Universidad, solo si el perfil definido así lo indica.

Cada nodo se le asigna un segmento de IP con máscara 24, para la asignación libre de 254 IP por cada perfil

Para la disponibilización del servicio, se utiliza el Acelerador de Aplicaciones / Balanceador de carga, para la asignación de una IP pública a cada máquina virtual y solo se abren los puertos definidos y necesarios para la prestación del servicio.

En el servidor DNS, se asignan nombres a cada nodo, bajo el subdominio `eduvpn.cic.userena.cl` y utilizando las recomendaciones de balanceo de carga a través de nombres de dominio, se crea el dominio `nodes.cic.userena.cl` donde todos los nodos participantes del clúster pueden ser resueltos de forma aleatoria.



**Fig. 1:** Diagrama de arquitectura de recursos virtualizados, que dan soporte al servicio eduVPN de la Universidad de La Serena.

## 4.2. Instancias administrativas

### 4.2.1. Reconocimiento de REUNA como Operador Nacional de eduVPN

Tras el planteamiento de la Universidad de La Serena de contar con eduVPN, REUNA comienza a buscar y se documenta respecto de las instancias necesarias para formalizar el despliegue de la universidad.

Después de conversaciones sostenidas con el equipo de eduVPN, el 19 de enero de 2021 se formaliza a REUNA como Operador Nacional de eduVPN (eNO) para Chile, siendo el primer operador reconocido en América, permitiéndole ser el canal principal de formalización de despliegues para el país. A su vez, REUNA toma la responsabilidad de crear canales de comunicación específicos para difundir esta iniciativa y sus beneficios dentro de su comunidad [9], además de definir los protocolos de validación de los despliegues y de preparar las políticas de adscripción a este servicio.

### 4.2.2. Desarrollo de las políticas del servicio

Tal como se mencionó anteriormente, REUNA prepara las políticas de adscripción al servicio de manera de formalizar los despliegues de eduVPN dentro de las instituciones asociadas, estableciendo los requerimientos mínimos para que dicho despliegue sea validable. Estos requerimientos se basaron en la política general de eduVPN [10] y son los siguientes:

- Proceso de identificación del usuario: Consideraciones para asegurar la privacidad del usuario final, todo esto adaptado al contexto de Chile y con apoyo de los asesores jurídicos de REUNA.
- Consideraciones de seguridad y respuesta a incidentes: Establece la responsabilidad de las instituciones como Operadores de instancia frente a la gestión y seguridad del despliegue interno y a la respuesta a incidentes, así como la de REUNA en este último punto.

Las políticas desarrolladas por REUNA se encuentran en el sitio web del servicio<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.reuna.cl/eduvpn/como-unirse-a-eduvpn/>

#### **4.2.3. Reconocimiento de la Universidad de la Serena como Operador de Instancia eduVPN**

Con el reconocimiento de REUNA como Operador Nacional de eduVPN y el desarrollo de las políticas del servicio para la adscripción, el 8 de abril del 2021 la Universidad de La Serena es reconocido como Operador de Instancia eduVPN, transformándose así en la primera institución en Chile y América en tener este estatus.

#### **4.3. Participación en traducción de plataforma de gestión y clientes VPN**

Al analizar las ventajas de eduVPN como plataforma de servicio VPN, una de ellas fue la disponibilidad de clientes, tanto para dispositivos móviles como para computadores de escritorio, donde predomina la facilidad de instalación y uso. Lamentablemente, no disponían de una versión en español del cliente VPN, ni de la interfaz gráfica de la plataforma que gestiona el servicio por el lado del usuario.

Tomando en cuenta que es un proyecto de código abierto, se solicita a los diferentes grupos de desarrolladores poder añadir la traducción al español latinoamericano, para así poder facilitar la adopción y minimizar los requerimientos por soporte de este software. La consulta tuvo una buena recepción por parte de los grupos de desarrolladores y por el equipo de eduVPN, quienes identificaron como un gran hito poder disponer del software a un nuevo idioma y extender el potencial alcance de esta plataforma.

El trabajo de traducción se inició con el portal del usuario [11]. Esta interfaz gráfica está desarrollada en PHP y la traducción está definida por un único archivo por idioma, que contiene todas las variables utilizadas en la interfaz.

El plan de trabajo consistió en crear un *fork*<sup>4</sup> del proyecto en la plataforma GitHub, crear el archivo correspondiente al idioma y traducir las variables existentes, tomando como referencia el idioma inglés.

Una vez terminado el trabajo de traducción, se verificó en el ambiente de desarrollo que dispone la ULS, no identificando problemas de deformación de componentes gráficos y diagramación en general, por lo que se realiza un *pull request*<sup>5</sup> al repositorio del proyecto.

Los paquetes fueron liberados al público el día 12 de abril de 2021 y corresponden a las siguientes versiones:

- vpn-user-portal: 2.3.9
- vpn-portal-artwork-eduVPN: 2.2.4

---

4 Fork: En el contexto de GitHub, es la creación de un nuevo proyecto a partir de la copia del proyecto original. Esto es muy útil para hacer cambios en un proyecto, sin afectar el original.

5 Pull request: En el contexto de GitHub, publicar cambios a un proyecto, el cual puede ser revisado antes de ser incluido en el proyecto.



**Fig. 2.** Interfaz gráfica del portal del usuario eduVPN en idioma Español Latinoamericano.

Los clientes de acceso VPN supusieron un esfuerzo adicional, dado que cada uno de ellos utiliza diferentes métodos de gestión de traducción a otros idiomas, algunos definidos por el grupo de desarrolladores y otros impuestos por el diseño del lenguaje de programación elegido.

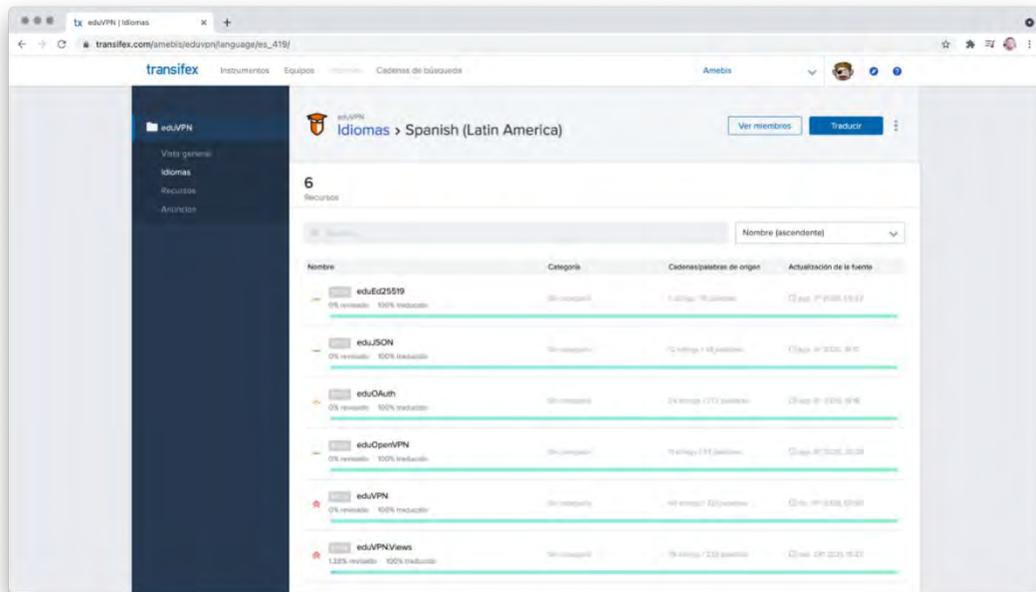
**Windows** [12]: El proyecto tiene dividido el esfuerzo de traducción de su interfaz en 3 componentes, un archivo \*.wxl que contiene las variables para el proceso de instalación, un archivo \*.rc que contiene las variables para el ejecutable de instalación y un conjunto de variables a traducir utilizando la plataforma Transifex<sup>6</sup>.

El plan de trabajo consistió en crear un *fork* del proyecto en la plataforma GitHub, modificar y crear archivos, y traducir las variables existentes, tomando como referencia el idioma inglés. Finalizada la validación, se realiza un *pull request* al repositorio del proyecto.

Adicionalmente, el equipo del proyecto solicitó que los desarrolladores se registraran en la plataforma Transifex para ser añadidos al grupo de traductores, tras lo cual se comenzó el proceso de traducir las variables existentes, tomando como referencia el idioma inglés.

La traducción estará disponible para la versión 2.0, que se espera esté lista en los próximos meses.

<sup>6</sup> Transifex: Es una plataforma GMS (Globalization Management System) que permite a través de una plataforma web, la gestión de equipos de traducción para proyectos tecnológicos. - <https://www.transifex.com>



**Fig. 3.** Interfaz gráfica de plataforma Transifex, para la traducción al idioma Español Latinoamericano para el cliente eduVPN para el sistema operativo Windows.

**Android** [13]: El proyecto de está basado en el desarrollo de aplicaciones nativas usando Android Studio, por lo que la creación de un nuevo idioma, consta en la creación de una carpeta contenedora del idioma y crear los archivos XML bases, que poseen las variables a traducir.

El plan de trabajo consistió en crear un *fork* del proyecto en la plataforma GitHub, crear los archivos base y traducir las variables existentes, tomando como referencia la estructura del idioma alemán, y las definiciones de variables del idioma inglés. Finalizada la validación se realiza un *pull request* al repositorio del proyecto.

El proyecto está a la espera la solución de algunos problemas encontrados, antes de la liberación pública de este idioma adicional, por lo que solo está disponible como descarga directa como RC<sup>7</sup> desde la página del proyecto.

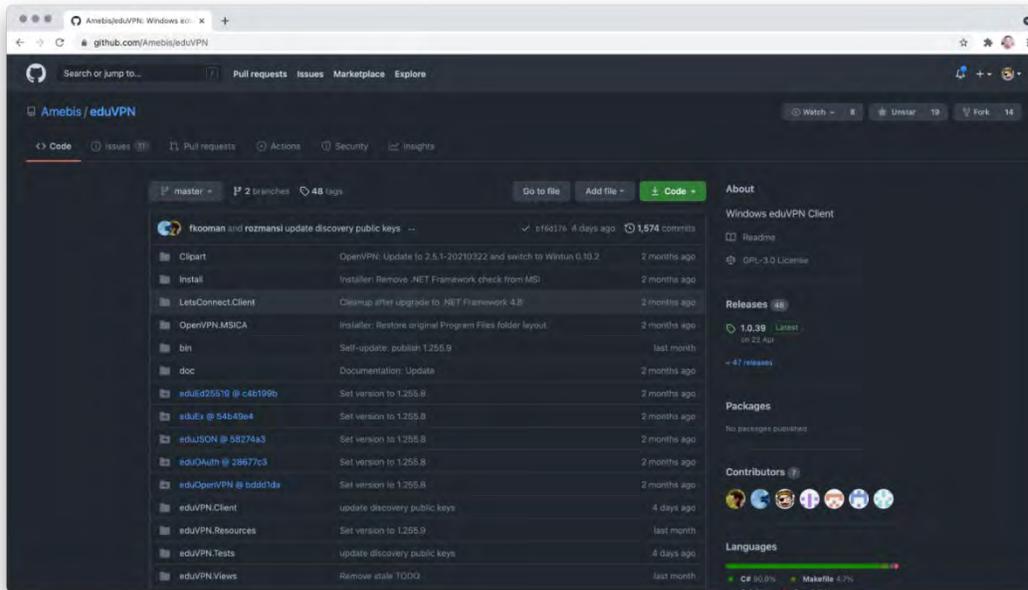
**Linux** [14]: Este proyecto tiene el desafío de proporcionar una forma de establecer un acceso VPN utilizando un método común para todas las distribuciones de Linux, por lo que decidieron automatizar la revisión y satisfacción de dependencias de librerías y software base y tener una interfaz gráfica utilizando Python.

El plan de trabajo consistió en crear un *fork* del proyecto en la plataforma GitHub, crear el archivo base y traducir las variables existentes, tomando como referencia el idioma inglés, además de compilar el archivo resultante. Finalizada la validación se realiza un *pull request* al repositorio del proyecto.

El equipo del proyecto revisó y autorizó la incorporación de la traducción y está disponible como código descargable y está próximo a ser liberado como paquete de instalación desde el repositorio oficial de varias distribuciones de Linux.

<sup>7</sup> Release Candidate.

**macOS/iOS [15]:** el grupo de desarrolladores acaba de definir el método de gestión de traducciones, utilizando la plataforma Transifex. El trabajo de traducción de las variables definidas aún está en proceso.



**Fig. 4.** Interfaz gráfica de plataforma GitHub, donde se despliega los archivos de código fuente del cliente eduVPN para el sistema operativo Windows.

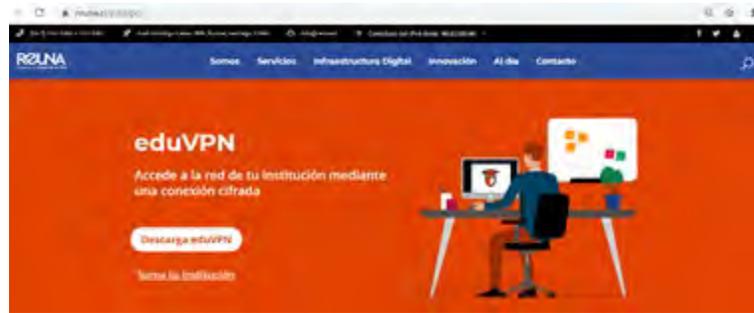
## 5. Difusión de eduVPN en Chile

Como una forma de promover la adhesión, por parte de la comunidad académica, al lanzamiento en Chile de una iniciativa de la envergadura de eduVPN, y su incorporación en el portafolio de servicios de REUNA, se elabora un plan de difusión que contempla diversos canales y medios de apoyo visual, para incentivar el interés de la audiencia en torno a la propuesta de valor de esta solución, y destacar sus atributos diferenciadores para instituciones de I+E.

En este marco, se trabaja en tres ejes claves para la consolidación de este nuevo servicio: el desarrollo de una página web específica para esta solución; un evento virtual de lanzamiento; y la incorporación de nuevas instituciones.

### 5.1. Página Web

Claramente, hoy en día, las páginas web son consideradas el soporte primordial para transmitir visibilidad y credibilidad frente al público objetivo. En este contexto, se crea la página web de eduVPN en REUNA [9], desarrollada tomando como referencia información de la página oficial de eduVPN [16], gracias a su generosa autorización previa.



**Fig. 5.** Página web de eduVPN en web de REUNA

Más allá de ser el punto de partida para la visibilidad de eduVPN en Chile, a través de sus contenidos, descripción del servicio, beneficios para sus usuarios e instituciones adheridas, la página, además, alberga los medios para descargar la solución en una variedad de dispositivos, así como también, ofrece la posibilidad de sumar una institución, de manera expedita, proporcionando todos los detalles para hacer transparente esta operación: Políticas, Acuerdo de participación y un Modelo de Plantilla, para enviar los datos requeridos de la institución candidata.

## 5.2. Actividad de Lanzamiento

Como hito inicial, para anunciar la salida en productivo de este nuevo servicio que REUNA pone a disposición de la comunidad, se lleva a cabo un evento de lanzamiento que convoca, muy especialmente, a Representantes Institucionales y Representantes Técnicos de las instituciones adscritas a la Corporación, con el fin de hacerlos partícipes de esta nueva solución e involucrarlos en la estrategia de difusión al interior de sus instituciones.



**Fig. 6.** Afiche promocional del lanzamiento de eduVPN

Dado el escenario de pandemia, este evento se desarrolla vía web, en formato de Webinar, a través de la plataforma PLAZA REUNA, reuniendo a 90 personas de más de 20 instituciones, y con transmisión en vivo, a través del canal de YouTube de REUNA [17], traspasando fronteras y haciendo partícipes de esta actividad, no sólo a la comunidad local, sino además, a redes de otros países de la región, que ven en esta iniciativa a REUNA, el primer caso de una red operadora de eduVPN en el continente americano, y a la Universidad de La Serena, como la primera universidad en implementarlo.

En términos del diseño de la actividad, ésta es liderada por las áreas de Servicios e Ingeniería, orientando el evento a demostrar la propuesta de valor de eduVPN, valiéndose de dos presentaciones, la primera, en torno a los beneficios y requerimientos para poder implementar la herramienta, y la segunda, a cargo de

la Universidad de La Serena y “La evolución global de las VPNs”, desde su experiencia de uso.

Adicionalmente, y como plataforma de soporte para viralizar y destacar el lanzamiento del servicio, la actividad se apoya en las redes sociales, consiguiendo gran visibilidad entre las redes académicas [18], [19] y [20].



Fig. 7. Publicaciones en redes sociales asociadas al lanzamiento de eduVPN

Finalmente, esta actividad extiende una invitación a la acción del público asistente, en términos de que soliciten una reunión para iniciar un proceso de evaluación y posterior implementación de la solución en sus respectivas organizaciones.

### 5.3. Nuevas Instituciones

Además de la Universidad de La Serena, y luego de un proceso de evaluación, la Universidad de Valparaíso también ha adherido a eduVPN [21], teniendo en la actualidad dos proyectos en marcha blanca, con más de 70 perfiles implementados, para luego abrir el servicio masivamente al resto de la comunidad universitaria.

En forma paralela, se está avanzando con otras instituciones, para incentivar y apoyar el salto a eduVPN.

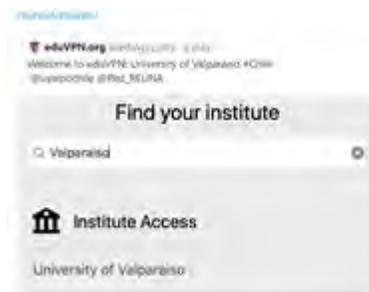


Fig. 8. Universidad de Valparaíso listada en aplicación eduVPN

## 6. Resultados de la implementación de eduVPN en la Universidad de La Serena

Luego del lanzamiento del servicio realizado en conjunto con REUNA, se coordina una serie de capacitaciones a académicos, investigadores y alumnos de postgrado, quienes anteriormente utilizaban el servicio VPN basado en el *appliance* de seguridad Fortinet y se les fue asignado el privilegio de acceso al servicio eduVPN.

Estas capacitaciones se realizan en modalidad videoconferencia, donde se presentó el servicio de acceso eduVPN, su instalación, configuración, ejemplos

de uso y junto al jefe de Bibliotecas de la Universidad de La Serena, se muestra el conjunto de revistas científicas, libros digitales y bases de datos disponibles a través del servicio eduVPN.

En una tercera instancia, se presenta el servicio de acceso eduVPN y se capacita al personal administrativo, para que pudiesen tener acceso remoto al ERP financiero.

Posterior a estas capacitaciones, se suma a todos los alumnos regulares de postgrado para el primer semestre 2021 e investigadores que no conocían la disponibilidad de este servicio y lo solicitaron mediante el canal de soporte o por correo, a través de sus directores de unidad, con un crecimiento del 110% en el total de usuarios.

Desde su implementación, se han transado más de 340 GB de datos y solo se han recibido 2 solicitudes de soporte, relacionadas a eduVPN y su compatibilidad con sistemas operativos sin soporte.

## **7. Visión de futuro de eduVPN**

En el corto plazo, se espera que cada vez sean más las instituciones pertenecientes a REUNA, que adopten eduVPN como su solución de VPN académica, personalizada y adaptada a sus necesidades.

En términos de largo plazo, en la medida que se vayan publicando nuevos casos de uso, que evidencien el valor agregado de esta solución, la facilidad de su implementación y los beneficios para la comunidad nacional e internacional de investigación y educación, la adopción de este servicio debería seguir creciendo. En este sentido, REUNA continuará trabajando en su difusión, para contribuir al posicionamiento de esta herramienta que va en directo beneficio de su comunidad.

Gracias a los esfuerzos de difusión de REUNA y la experiencia de implementación de la Universidad de La Serena, RedCUDI de México ha solicitado apoyo y guía al equipo participante de este esfuerzo, y se espera que este mismo ejercicio de compartir experiencias y definiciones técnicas sirvan a otras Redes Académicas de la región.

## **8. Agradecimientos**

Al Centro de Informática y Computación de la Universidad de La Serena, por plantear esta necesidad y trabajar no tan solo en la implementación de eduVPN, sino que también colaborar en la traducción e implementación de la interfaz en lenguaje español latinoamericano, que sin duda es un gran aporte para el futuro de esta iniciativa en Hispanoamérica.

Al equipo de eduVPN, por la guía y el apoyo en todo lo referente al proceso de incorporación de REUNA, como Operador Nacional, y de la Universidad de La Serena, como Operador de Instancia. También por las gestiones realizadas al momento de incluir las traducciones generadas por la Universidad de La Serena, en las versiones correspondientes de los clientes y servidor.

Al equipo de REUNA, por su constante apoyo a las necesidades de las instituciones de educación e investigación de Chile, y ser un importante socio estratégico a la hora de querer implementar nuevos servicios tecnológicos para la comunidad universitaria.

## 9. Conclusiones

Con los antecedentes expuestos en este documento, queda de manifiesto que eduVPN es una solución robusta para montar un servicio de VPN dentro de una institución de investigación y educación. Las principales características destacadas de la experiencia de la Universidad de La Serena son:

- Simplicidad de uso para el usuario final: Sin duda que las aplicaciones de usuario final desarrolladas por eduVPN simplifican mucho el uso de VPN, al tener una interfaz intuitiva y al permitir integración con la plataforma Phoenix.ULS y sumado al desarrollo de la traducción de la interfaz ha español latinoamericano, han llevado a que los requerimientos de soporte de los usuarios sean considerablemente bajos (2 hasta la fecha).
- Impacto del servicio: El impacto del uso del servicio, que va de la mano con la simplicidad, también ha sido importante, ya que se ha podido aumentar en un 110% la cantidad de usuarios del servicio en la actualidad. Pero sin dudas que esta cobertura puede aumentar, permitiendo cubrir las necesidades de toda la comunidad universitaria.
- Limitaciones de hardware: Una de las grandes limitantes en otras soluciones comerciales analizadas es la de la concurrencia, principalmente asociada a lo costoso que es aumentarla, debido a las licencias de software y hardware específico que es necesario adquirir. Con eduVPN esta limitación sólo queda atada a los recursos de hardware de servidores (físicos o virtuales) que la institución pueda disponer, permitiendo crecer con inversiones mucho menores a las soluciones comerciales y así cubrir la demanda de más grupos dentro de la institución.
- Soporte de la comunidad: Esta es sin duda una importante característica, no tan solo porque está asociada al desarrollo de los software de cliente y servidor, sino que también a las experiencias que esta comunidad está constantemente recopilando, las que se ven reflejadas en las mejoras continuas y en la documentación que este servicio tiene.
- SAML: El soporte de SAML es fundamental, principalmente porque permite sumar usuarios finales de manera fácil a eduVPN, así como la definición de grupos y accesos desde esquema de acceso centralizado, con el que se cuenta en la Universidad de La Serena.

Desde el punto de vista de las Redes Nacionales de Investigación y Educación RNIE, REUNA destaca las siguientes características:

- Importancia de las RNIE en el proceso de incorporación de instituciones a eduVPN: Para eduVPN es importante la colaboración con las Redes Nacionales, ya que ellas son agrupadoras de demanda, canalizadoras de requerimientos y validadoras de sus instituciones asociadas. Tal como es posible ver en este caso, REUNA actúa como articulador nacional para eduVPN, definiendo las políticas y los protocolos de validación para actuar como único canal, a fin de que eduVPN solo dé de alta los despliegues.

- Impacto a nivel nacional y regional: La experiencia presentada conjuntamente con la Universidad de La Serena ha sido fuente de inspiración para otras instituciones, tanto en Chile, como es el caso de la Universidad de Valparaíso, como en otras redes de la región, las que han manifestado su interés de recoger la experiencia presentada y trabajar con sus instituciones asociadas en desplegar eduVPN.

## 10. Referencias

1. Participating Countries and Institutions, <https://www.eduvpn.org/countries/>
2. About eduVPN, <https://www.eduvpn.org/about-eduvpn/>
3. How to join the eduVPN family, <https://www.eduvpn.org/join/>
4. Scaling, <https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/SCALING.md>
5. Security OpenVPN, <https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/SECURITY.md>
6. Deploying on CentOS / Red Hat Enterprise Linux, [https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/DEPLOY\\_CENTOS.md](https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/DEPLOY_CENTOS.md)
7. Enable SAML Authentication, <https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/SAML.md>
8. Multi Node, [https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/MULTI\\_NODE.md](https://github.com/eduvpn/documentation/blob/v2/MULTI_NODE.md)
9. Sitio web eduVPN - REUNA, <https://www.reuna.cl/eduvpn>
10. eduVPN compliance statement, version 1.0, 17 June 2019, [https://eduvpn.org/wp-content/uploads/2019/11/eduVPN\\_Compliance\\_Statement\\_1.0-1.pdf](https://eduvpn.org/wp-content/uploads/2019/11/eduVPN_Compliance_Statement_1.0-1.pdf)
11. User and admin portal for Let's Connect! and eduVPN, <https://github.com/eduvpn/vpn-user-portal>
12. eduVPN Client for Windows, <https://github.com/Amebis/eduVPN>
13. This is the eduVPN / Let's Connect! for Android application, <https://github.com/eduvpn/android>
14. Linux eduVPN client and Python API, <https://github.com/eduvpn/python-eduvpn-client>
15. eduVPN iOS and macOS apps, <https://github.com/eduvpn/apple>
16. eduVPN official site, <https://www.eduvpn.org/>
17. Video - Lanzamiento eduVPN REUNA, <https://www.youtube.com/watch?v=g-NXjVIQS2E>
18. Welcome to eduVPN: University of La Serena - eduVPN.org on twitter, [https://twitter.com/eduvpn\\_org/status/1380468511185764357](https://twitter.com/eduvpn_org/status/1380468511185764357)
19. U. La Serena es parte de eduVPN - Laboratorio de Entomología Ecológica en twitter, <https://twitter.com/LabEntEcol/status/1388260323317239812>
20. U. La Serena, primera casa de estudio en el continente en implementar eduVPN - UESTV Televisión en twitter, <https://twitter.com/UESTVChile/status/1388501004753252353>
21. Welcome to eduVPN: University of Valparaiso - eduVPN.org on twitter, [https://twitter.com/eduvpn\\_org/status/1390250799218012161](https://twitter.com/eduvpn_org/status/1390250799218012161)

## **Capítulo 3**

# **TICAL: Gestión y gobierno de las TIC para repensar la universidad impulsada por las tecnologías digitales**



# **Transformación Digital – Experiencia Trabajo colaborativo entre el Sistema de Información Universitario y la Universidad Nacional de General Sarmiento**

Analía Barberio, Pablo Martinez, Daniela Guardado

Dirección General de Sistemas y Tecnología de la Información, J.M. Gutiérrez 1150,

Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina

abarberi@campus.ungs.edu.ar , pmartine@campus.ungs.edu.ar , dguardad@campus.ungs.edu.ar ,

## **Resumen**

Un sistema desarrollado por la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) para la digitalización e integración de la información que circula en las universidades fue elegido por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) a través del Sistema de Información Universitario (SIU) para ser integrado al *Ecosistema* de soluciones para la administración *digital* de instituciones educativas. El presente trabajo recoge la experiencia de trabajo colaborativo entre ambas instituciones.

**Palabras Clave:** trabajo colaborativo, transformación digital, ecosistema, integración.

## **Eje temático:**

Soluciones que apoyen y fomenten el trabajo colaborativo interinstitucional

## **Introducción**

La Universidad Nacional de General Sarmiento, desarrolló el Sistema Único Documental, SUDOCU, que permite gestionar su documentación de una manera completamente electrónica, facilitando la agilidad y la transparencia de los trámites. En el año 2018 el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) encomendó al SIU construir una solución para la gestión de expedientes electrónicos para todo el sistema universitario, partiendo de alguna de las soluciones ya existentes en las universidades del país. Luego del análisis de las opciones disponibles ofrecidas por las diferentes instituciones, el comité técnico de evaluación sugirió la adopción del SUDOCU como punto de partida para la gestión documental electrónica de todo el sistema universitario.

Desde ese momento ambas instituciones se encuentran trabajando colaborativamente.

En el presente trabajo se realiza un recorrido por la experiencia de trabajo colaborativo entre el Sistema de Información Universitario (SIU), su comunidad de práctica y la Universidad Nacional de Gral Sarmiento.

## **Antecedentes**

SUDOCU es fruto de las exploraciones lúdico-creativas del equipo. Nació explorando nuevas tecnologías para resolver una realidad que desde el punto de vista del equipo de la Dirección General de Sistemas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento, demandaba una solución integral. En el marco de la certificación ISO 9001:2015 se detectó un descenso en las métricas de calidad, fue entonces cuando se analizó que había una oportunidad de mejora en el desarrollo de un sistema más genérico que resolviera los trámites de la Universidad. De esa búsqueda surgió SUDOCU.

El desarrollo se realizó con un concepto técnico de código libre y construcción colaborativa bajo licencia open source, condición que permitió -en una primera instancia- un trabajo colaborativo entre las Universidades Nacionales del conurbano bonaerense.

Por su parte, el Sistema de Información Universitario, desde hace unos años trabaja en el Ecosistema SIU que permite la integración de todos los sistemas que ofrecen de manera de acompañar la transformación digital en las instituciones.

Con el enfoque puesto al servicio de transformar las administraciones, el SIU ha desarrollado Arai como un integrador de servicios donde cada uno de los sistemas que ha desarrollado son módulos dentro de la plataforma, que interactúan entre sí, consumiendo y ofreciendo servicios. (Arai usuarios, Arai documentos, Firma Digital)

En Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) le encomendó al SIU construir una solución de gestión documental electrónica para el sistema universitario, partiendo de alguna de las soluciones ya existentes en las universidades.

Para avanzar en la tarea encomendada se decidió la conformación de dos comités de trabajo: uno técnico y uno funcional. El primero debía definir la herramienta que serviría de punto de partida para desarrollar el nuevo sistema, el segundo debía definir el alcance y los requisitos funcionales y no funcionales que debería cubrir el sistema de

expedientes digital para el sistema universitario.

Se conformó una SUBCOMISIÓN TÉCNICA SIU conformada por 39 instituciones universitarias, seis de ellas (Universidad Nacional del Centro, Universidad Nacional de Gral. Sarmiento, Universidad Nacional de Litoral, Universidad Nacional de La Matanza, Universidad Nacional de Noroeste de Buenos Aires y Universidad Nacional de Rosario) compartieron las características de sus desarrollos propios para la gestión de documentos. Como conclusión quedó una ficha resumen de cada solución y un listado de requerimientos que debería cumplir la solución a adoptar.

En octubre de 2019 un comité técnico de evaluación, conformado por 6 universidades de distintas características (Universidad Nacional de Centro, Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional del Centro, Universidad Nacional del Sur, Universidad Nacional de Santiago del Estero y Universidad Nacional de Villa María) llevó a cabo la tarea específica de analizar las opciones disponibles ofrecidas por las diferentes instituciones y concluir, desde el punto de vista de la tecnología, cuál de ellas sería la herramienta a tomar como punto de partida

De las instituciones que habían presentado sus desarrollos, 3 ofrecieron su producto en las condiciones establecidas como requisitos en el acta del Subcomité Técnico y consideraban que eran soluciones adaptables al uso en otras instituciones del sistema universitario: las universidades de UNGS con el sistema SUDOCU, UNL con el sistema SGTDU y UNR con el sistema WEMES. De la reunión, que fue de carácter virtual, participaron los miembros del comité técnico y los equipos de las instituciones que desarrollaron las soluciones. Allí se definieron una serie de requisitos importantes a considerar al momento de seleccionar una alternativa: la solución debía cubrir en algún grado las necesidades de sus universidades; poder ser adoptada rápidamente por cualquier institución, para lo cual resultaba clave la facilidad de despliegue y el rápido aprendizaje de la tecnología utilizada. También resultaba muy importante que la solución ya estuviera en producción; asegurar la interoperabilidad con el ecosistema SIU y con otros sistemas internos y externos a la universidad; por último, poseer una arquitectura que permita realizar adaptaciones y ser escalable para ser adoptada por instituciones con diferentes necesidades y volúmenes. Teniendo en cuenta los puntos anteriores y relevamiento realizado, el comité sugirió la adopción de la solución SUDOCU como punto de partida para la nueva solución de gestión documental electrónica del sistema universitario. A su vez recomendó que se consideren el resto las soluciones desde el punto de vista funcional.

Rápidamente la comunidad de práctica del SIU se puso en acción, se conformó un Comité de Desarrollo funcional con aproximadamente 18 Instituciones participantes y un Comité de Desarrollo Técnico con un menor número de integrantes, pero con un grado de especificidad mayor en los temas que las nuevas tecnologías incorporadas por SUDOCU en su desarrollo.

## **Trabajo colaborativo**

Para la Universidad Nacional de General Sarmiento, el primer desafío fue cómo hacer para lograr una dinámica de trabajo efectiva con el SIU. Sudocu estaba desarrollado en una tecnología que no era la misma con la que estaba trabajando el SIU, sin embargo, el equipo del SIU contaba con muchísima más experiencia en desarrollos destinados a un público diverso y heterogéneo como el conjunto de Universidades Nacionales. Los desarrollos de UNGS siempre habían sido destinados al público interno de la Universidad.

Congeniarse la vasta experiencia del SIU en proyectos de tales características sin perder de vista la agilidad y las pautas de innovación que fueron las premisas del desarrollo de la Universidad, sin lugar a dudas generaron un fuerte nivel de incertidumbre y se convirtieron en el mayor desafío del proyecto.

Equipos muy pequeños tanto en el SIU como en UNGS, con recorridos y experiencia distintas que debían producir velozmente una solución integrada para el conjunto de las Universidades.

Fue difícil hallar una metodología de trabajo entre ambas Instituciones, mientras se daba lugar a la participación del resto de las Universidades tal como es el ejercicio al que se encuentra acostumbrado el SIU.

En los primeros meses, hasta que se encontró una dinámica apropiada, se realizaron una gran cantidad de reuniones tanto técnicas como funcionales que demandaron un altísimo esfuerzo de coordinación.

También y con el objetivo de facilitar el despliegue y las pruebas en cada Universidad, la Red de Interconexión Universitaria (RIU) colaboró destinando máquinas virtuales a cada Institución para que pudieran realizar las pruebas funcionales. Fue de suma importancia ya que eso permitió que rápidamente se pudieran comenzar con el análisis de los procesos.

Se lograron algunos acuerdos que permitieron una dinámica fluida con excelentes resultados, tanto en el producto en sí mismo como en la cantidad de implementaciones logradas. En la actualidad existe una sinergia que permite avanzar rápidamente.

### **Solución de Expediente Electrónico Integrado**

Luego de varios meses de trabajo, y como parte del Ecosistema de Administración Digital del SIU, se lanzó la primera versión de la Solución de Expediente Electrónico Integrado, una herramienta con el objetivo fundamental de transformar la gestión de las instituciones universitarias. Herramienta que resultó clave para que las Instituciones puedan continuar trabajando en tiempos de aislamiento social, preventivo y obligatorio a raíz de la emergencia sanitaria.

La solución está compuesta por múltiples componentes que cooperan para construir y sostener la gestión integral de documentos y expedientes de manera distribuida en una institución. Uno de ellos es el Sistema Único Documental (SUDOCU), el cual se integra con SIU-Araí tanto como proveedor de identidad (IdP) con el módulo de Usuarios como con un repositorio centralizado y proveedor de soluciones de firma electrónica con Araí-Documentos.

En un marco más amplio esta solución se integra con los módulos SIU-Pilagá, SIU-Diaguita y otros sistemas en lo que llamamos Ecosistema de Administración Digital: una arquitectura abierta que a través de APIs de integración promueve la interoperabilidad entre todos los sistemas de gestión de la institución.

### **Componentes:**

*SUDOCU* es un sistema de gestión integral de documentos y trámites, con el que se

puede crear todo tipo de documentos y expedientes digitales y administrar el ciclo de vida completo de los mismos. Con SUDOCU se puede crear y editar colaborativamente una gran cantidad de tipos de documentos y éstos a su vez pueden incorporarse en contenedores, expedientes y trámites, y llevar registro de todos los actos administrativos que componen el ciclo de vida del trámite documental. Cumple con los requisitos de la Ley Argentina 26.685 de Expediente Electrónico.

*SIU-ARAÍ*: SUDOCU se integra con SIU-Araí Usuarios, SIU-Araí Documentos, a manera de repositorio centralizado y proveedor de soluciones de firma electrónica, y el portal SIU-Huarpe.

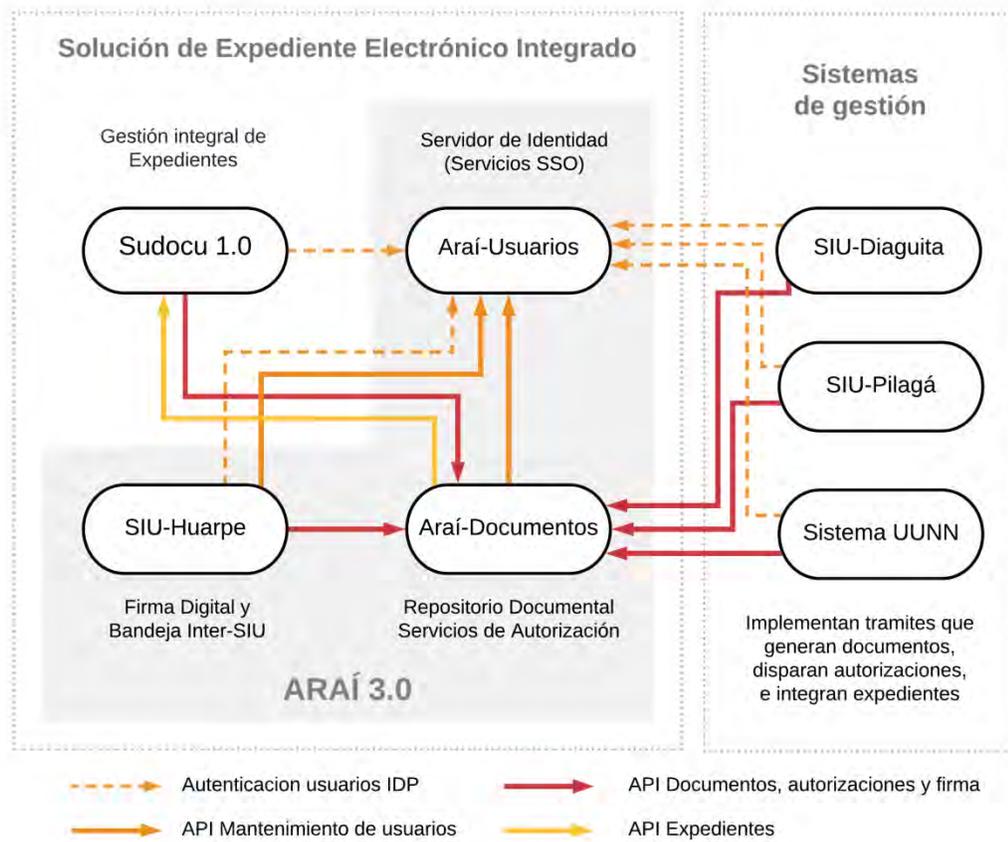
Con una arquitectura pensada para Docker que permite escalamiento horizontal. Por otro lado, implementa OpenID Connect, un protocolo de autenticación que amplía las posibilidades de verificación de identidad por ejemplo en aplicaciones móviles.

*Araí-Usuarios* es un Proveedor y Gestor de Identidad. Mantiene una base de datos común de usuarios, mientras que provee una interfaz de gestión, una API de acceso a los usuarios y herramientas de auditoría.

*Araí Documentos* maneja la interacción con la base de datos documental y provee una capa de abstracción para manejar procesos de firma digital. Tiene dos componentes principales, una API Rest con la que se comunican el resto de los módulos para interactuar con la base documental y un worker para enviar notificaciones.

*SIU-Huarpe* Es un portal centralizador que permite exponer los servicios de los módulos a los usuarios finales. Aporta la bandeja de firma a la Solución de Expediente electrónico.

### Ecosistema de Administración Digital



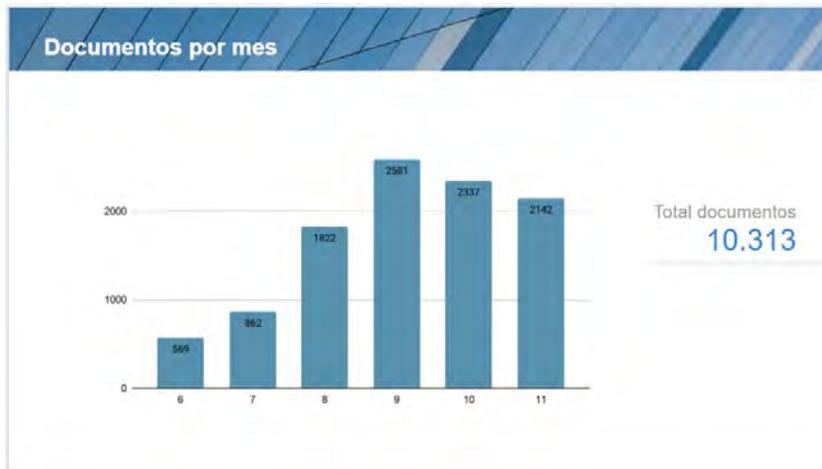
### Estadísticas de uso

En el presente apartado se exponen algunas estadísticas de uso en los primeros seis meses de implementación en la Universidad Nacional de Gral. Sarmiento con el objeto de brindar una referencia objetiva de efectividad de la propuesta y los tiempos que lleva el proceso de transformación digital.

La Universidad inició sus actividades incorporando paulitivamente distintos tipos de documentos, en primera instancia se incorporaron:

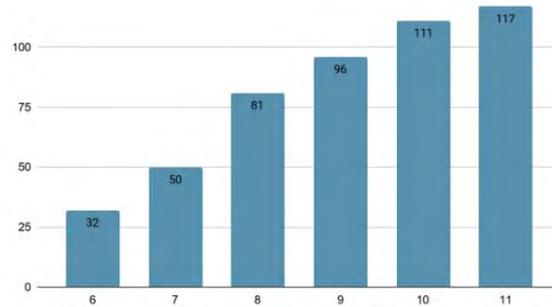


En el siguiente gráfico se puede ver como se fue afianzando la utilización del ecosistema en cantidad de documentos generados mes a mes.



Del mismo modo, en el siguiente se muestra el crecimiento de usuarios en la primer etapa:

## Usuarios activos por mes

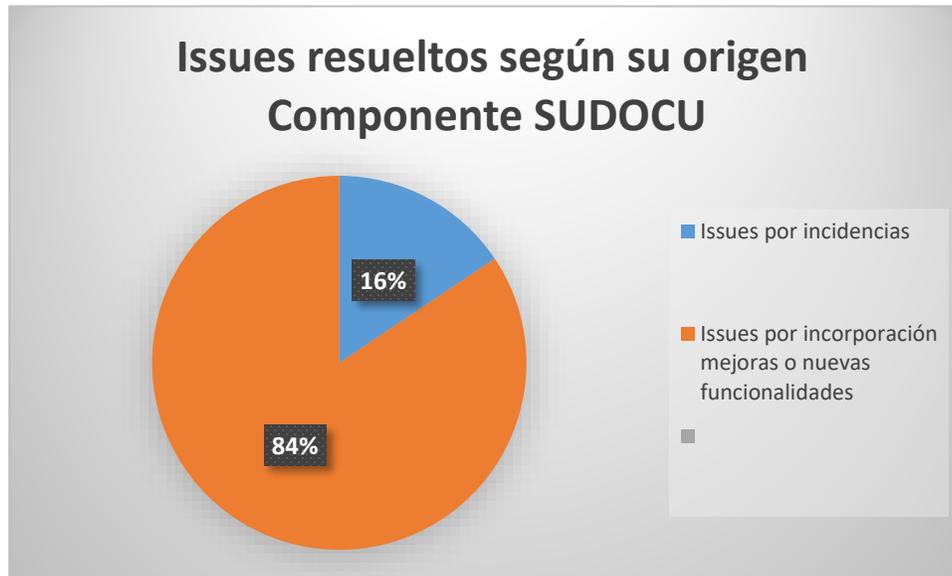


En la infografía siguiente se resume el impacto de la implementación en los primeros seis meses, teniendo en cuenta el ahorro de costos asociados a la administración en papel y que de algún modo exponen el impacto positivo de la transformación digital en cuanto a los beneficios ecológicos, de espacio físico y de costos económicos:

## Resumen



En cuanto al desarrollo:



### Metodología

El trabajo entre UNGS y SIU se distribuyó de manera tal que ambas Instituciones pudieran avanzar de manera autónoma pero muy coordinadamente para que los esfuerzos puedan integrarse fácilmente.

La UNGS quedó a cargo del desarrollo y mantenimiento del componente SUDOCU, mientras que el SIU vela por el resto de los componentes del Ecosistema. Asimismo, el SIU acompaña a las distintas Instituciones en el proceso de implementación.

La UNGS ha implementado metodologías ágiles para el desarrollo de SUDOCU, esto implica una dinámica donde se avanza rápidamente en la liberación de versiones que luego el SIU prueba con el fin de asegurar una correcta integración al resto del ecosistema.

Algunas Universidades han colaborado en etapas de testeo, codificación e incluso en auditorías de seguridad como la Universidad Nacional de La Plata, poniendo en valor las ventajas de la comunidad de práctica como forma de trabajo que plantea el SIU.

La RIU sigue poniendo al servicio del proyecto espacios para la realización de pruebas de despliegues y para que las Universidad puedan realizar sus ejercicios funcionales.

El contexto de aislamiento provocado por la pandemia mundial evidentemente ha intensificado la necesidad de soluciones integradas y por lo tanto ha provocado un aceleramiento en los procesos de implementación.

## Conclusiones

La experiencia de incorporación de SUDOCU al Ecosistema SIU, sin lugar a dudas ha resultado una experiencia de aprendizaje colaborativo entre ambas Instituciones se involucraron para construir una experiencia innovadora basada en un modelo abierto, flexible y participativo

El proyecto contó con algunas premisas de que permitieron los resultados obtenidos:

- Las personas en el centro del proyecto, cada uno de los integrantes del equipo tanto del UNGS como de SIU, tuvieron el espacio para aportar, debatir y explorar alternativas.
- Se optó por una dinámica de participación abierta y estructuras horizontales de funcionamiento
- Se focalizó avanzar en las innovaciones técnicas necesarias y facilitar herramientas que favorezcan entornos modernos y flexibles.
- Ambas Instituciones aceptaron los desafíos y generaron cambios internos que facilitaron el desarrollo.
- Se practicó una búsqueda constante de modelos efectivos para su funcionamiento.

El proceso de construcción es colaborativo y productivo, porque está basado en las personas involucradas como eje principal del proceso que convergen en una responsabilidad compartida.

El éxito radica en un proceso que sigue los principios del diálogo, la comunicación y el consenso, una participación colaborativa que incluye a las coordinaciones, los técnicos profesionales, los usuarios y los colaboradores ad – hoc que se suman al proyecto.

Esta experiencia donde se han establecidos procesos de colaboración principalmente entre dos Instituciones pero que han colaborado otras tantas durante la implantación del proyecto, no hace otra cosa que afirmar la importancia para las Universidades Nacionales de los proyectos colaborativos que compartan y creen no solo productos, sino nuevos conocimientos que redunden en cambios innovadores respecto de los modelos actuales.

Es necesario continuar poniendo energía en diseños transversales entre las Universidades y los Organismos que las aúnan para capitalizar el conocimiento individual con el fin de encontrar soluciones innovadoras para la gestión de las Universidades.

Resulta sumamente necesario profundizar las prácticas de trabajo colaborativo y compartición del conocimiento, sobre todo luego de un escenario post pandémico que deja un aprendizaje instalado en prácticas remotas y colaborativas.

Por último, cabe destacar que el proyecto que convoca el presente artículo motiva fuertemente a los integrantes de ambos equipos y eso ha posibilitado superar las tensiones iniciales y lograr de manera tan exitosa el avance de la propuesta.

# Estudio de casos de plataformas en nube para el aprovisionamiento de servicios de aprendizaje en línea en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica

Francisco Durán Montoya<sup>a</sup>, Rolando Rojas Coto<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones, Universidad Estatal a Distancia,  
San José, Costa Rica  
fduran@uned.ac.cr, rorojas@uned.ac.cr

## Resumen

El presente documento realiza un estudio de casos de la implementación de la plataforma de aprendizaje en línea (LMS) Moodle en diferentes proveedores con el fin de estudiar las posibilidades de uso de nubes públicas o sistemas administrados para el caso de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Se propone un modelo comparativo utilizando los factores de escalabilidad, alta disponibilidad y costo, así como las capacidades de soporte técnico de cada servicio estudiado. Adicionalmente, se propone una carga de pruebas para la estandarización de la comparativa de manera que permita dimensionar cada uno de los casos estudiados. Se presentan además los principales hallazgos en cada caso de estudio, así como las conclusiones específicas derivadas de la comparativa y del estudio a nivel general.

**Palabras Clave:** aprendizaje en línea, lms, moodle, estudio de casos, nube pública, servicio administrado.

**Eje temático:** 2. Mejorando la experiencia de aprendizaje en línea.

## **1. Introducción**

La Universidad Estatal a Distancia (UNED) es una institución de educación superior pública costarricense “especializada en la enseñanza a través de los medios de comunicación social” cuyo modelo de educación a distancia es pionero, no solamente en el país, sino que también en América Latina. [1]

Para la realización de actividades de docencia, extensión e investigación, en la UNED se hace un uso intensivo de las tecnologías de información y de comunicación en su modelo pedagógico.[1] Desde hace varios años se utiliza como plataforma de aprendizaje en línea (LMS, por sus siglas en inglés) a la herramienta gratuita y de código abierto: Moodle [2].

En esta plataforma se atiende en la actualidad a la totalidad de cursos y estudiantes que se ofertan en la UNED, los cuales ascienden a cerca de 35.000 estudiantes en más de 600 cursos, contabilizando alrededor de 75.000 inscripciones.

Actualmente, la plataforma LMS se encuentra albergada en una nube privada que se ejecuta en los Centros de Datos con que cuenta la Institución, a saber, un centro de datos principal y un centro de datos alterno de respaldo. Además, se mantiene un servicio administrado que fue contratado con el fin de habilitar mayor concurrencia y brindar una mayor amplitud al servicio de Moodle a nivel institucional.

Con la experiencia de este modelo de servicio y debido al crecimiento constante de la plataforma, se hace necesario establecer nuevas líneas alternativas en cuanto a estrategias para la puesta en operación de infraestructuras de Moodle similares a las implementadas en la actualidad, pero apoyándose en diferentes espacios de alojamientos o escenarios como lo son las arquitecturas en la nube.

En este documento se realiza un análisis de algunas de estas alternativas, empezando con el establecimiento de una carga de pruebas estandarizada que permita probar las plataformas y sus principales prestaciones, así como también conocer sus costos. Al final, se presentan los principales hallazgos de esta comparativa para efectos de una futura toma de decisiones a nivel de la Institución.

## **2. Metodología**

Para la realización de la presente investigación se utilizó la metodología de investigación de estudio comparativo de casos ya que en tipo de estudios se busca realizar un análisis a las distintas alternativas existentes en el mercado, pero contrastando cada uno de los resultados con el fin de obtener conclusiones importantes. [3]

Se utilizó además una estrategia de investigación descriptiva, debido a que se busca estudiar cada caso tal como ocurre de su contexto real. [3] En este documento, refiriéndose a las diferentes prestaciones analizadas, es decir, en las nubes públicas más conocidas y accesibles, así como en un servicio administrado que se encuentra disponible en la actualidad.

Se aplicó además un enfoque mixto y es importante indicar que el estudio de casos no es sinónimo de investigación cualitativa, ya que los estudios de casos pueden basarse en cualquier combinación de evidencias cuantitativas y cualitativas [3] lo cual fue ampliamente utilizado en este estudio.

Para efectos de la comparativa, se propone un modelo ad hoc (de elaboración propia) basado en cuatro factores. Este modelo permite realizar un mejor análisis entre las diferentes opciones de cada caso analizado, tomando en consideración los principales

aspectos tanto cualitativos como cuantitativos que son los más relevantes y que a la vez se requieren a nivel de la UNED.

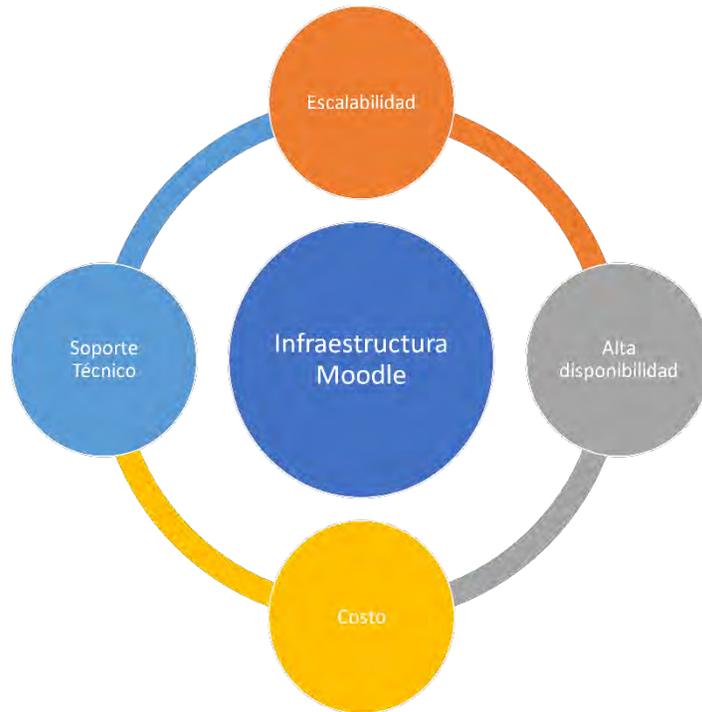
Los factores seleccionados para la plataforma de aprendizaje en línea, específicamente Moodle, se definen a continuación y se presentan, además, en la Figura 1.

**Escalabilidad.** Se refiere a la capacidad deseable con que debe contar la infraestructura tecnológica que soporta la plataforma de aprendizaje en línea, para que permita ser ampliada en el tiempo lo que requiere contar con mayores características tanto en hardware como en software, así como también en el ámbito de las telecomunicaciones.

**Alta disponibilidad.** Se define como la capacidad de un sistema de ser tolerante a fallos, y poseer una disponibilidad de servicio lo más amplia posible.

**Costo.** Representa el valor del precio de la plataforma en cuanto a su infraestructura, es decir el costo monetario. A nivel del estudio se presenta en su equivalente de dólares estadounidenses (USD, por sus siglas en inglés).

**Soporte Técnico.** Consiste en el todo el apoyo y colaboración con que cuenta la herramienta, ya sea por medio de técnicos especializados, números telefónicos o correos electrónicos de contacto, así como también, comunidades o documentación técnica con que cuenta la herramienta.



**Fig. 1.** Modelo de factores para el análisis entre los casos de estudio donde se incluye la escalabilidad, alta disponibilidad, costo y soporte de la infraestructura de Moodle.

Utilizando este modelo unificado, se propone establecer pruebas con diferentes proveedores de nube pública como lo son: Amazon Web Service y Azure de Microsoft, así como de un proveedor local (Radiográfica Costarricense) y un servicio administrado (Tunalkan), con el objeto de evaluar una posible implementación de la plataforma de aprendizaje en línea, según las capacidades, prestaciones y demás características de cada proveedor, así como el precio base de la infraestructura según una carga de prueba preestablecida.

A continuación, se detalla la planificación realizada para la selección de una carga efectiva de pruebas que servirá posteriormente para aplicar el modelo comparativo propuesto.

### **3. Planificación de la carga de prueba**

En la actualidad, cada una de las implementaciones de Moodle con que cuenta la UNED en sus centros de datos, consiste en varias capas que hacen que el sistema sea sumamente robusto, estable y confiable. [2]

A nivel de servidores, propiamente, en primera instancia se cuenta con un servidor que presenta una página *landing* para redirigir a los usuarios externos en caso de mantenimientos o caídas inesperadas. Además, se cuenta con una capa de servidores de almacenamiento que permiten guardar los documentos, así como toda la información de los cursos.

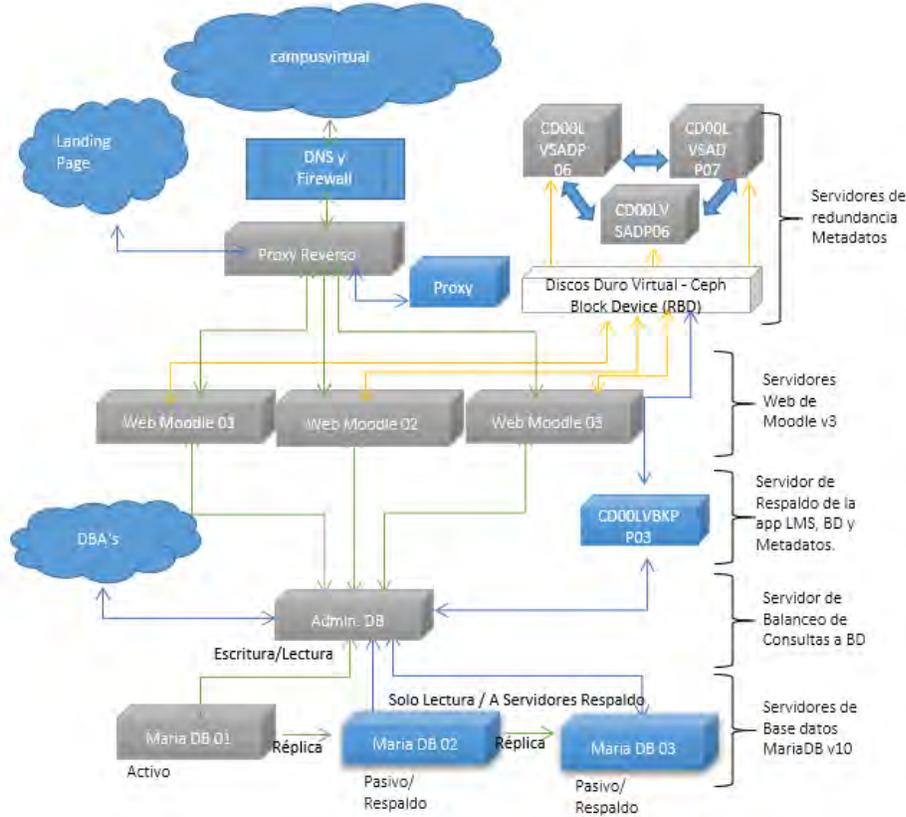
En otra capa se cuenta con diferentes servidores web de Moodle para cada instancia. Estos tienen un proxy reverso que funciona a su vez como balanceador, sin embargo, no es estrictamente necesario contar con esta capa de balanceo.

Supeditado a estos equipos, hay otro servidor opcional que se utiliza para hacer los respaldos de todo el servicio, los cuales se almacenan posteriormente en un equipo especializado que funciona como un robot de respaldos en disco y cintas. Esta capa también es opcional, sin embargo, se encuentra actualmente implementada en la UNED para el servicio de Moodle.

Posteriormente, se tiene toda la capa de base de datos para lo cual se cuenta actualmente con múltiples servidores de Maria DB funcionando en un esquema activo/pasivo con el uso de un servidor activo para lectura y escritura y varios servidores pasivos que reciben la réplica.

En total, para cada una de las implementaciones, se cuenta con cerca de 12 servidores que permiten en su conjunto, soportar la carga y concurrencia actual bajo ambientes confiables y con una alta estabilidad. [2]

La descripción de cada uno de los elementos detallados anteriormente se presenta en la Figura 2 que se muestra a continuación.



**Fig. 2.** Modelo de infraestructura de Moodle utilizando servidores virtuales [2]

No obstante, para efectos de una carga en nubes públicas debido a sus elementos inherentes de redundancia, alta disponibilidad y elasticidad, se considera que debe ser reducido para efectos de estandarización y con el fin de poder realizar una mejor comparativa entre los diferentes proveedores.

En el pasado se han manejado versiones simplificadas de Moodle que utilizan básicamente una capa de web y otra de Base de datos que podrían dar los resultados esperados para este tipo de pruebas, sin comprometer la funcionalidad de Moodle y de esta manera lograr la estandarización de la carga requerida.

De esta forma, se propone un modelo de pruebas utilizando los componentes simplificados y mínimamente viables que se muestran en la Tabla 1, los cuales ya han sido utilizados previamente [2].

**Tabla 1.** Distribución de los componentes de infraestructura de la prueba.

Servidor	Núcleos	Memoria	Almacenamiento
Aplicación Moodle	16	32GB	70GB
Moodledata	12	32GB	1400GB
Base de datos	8	32GB	250GB

Con el fin de probar esta infraestructura se propone un modelo de pruebas que permita determinar si los servidores propuestos son aptos para soportar una carga basada en una

cantidad de estudiantes simulada. Esta prueba se programa utilizando una restraución de Moodle con datos precargados y que requieren la infraestructura planteada en la Tabla 1 y se hacen pruebas de estrés simulando diferentes funcionalidades de la aplicación. [4]

Con estas pruebas pretende probar la robustez de la infraestructura indicada en la Tabla 1, y además pretende que permita para determinar cuál es la prestación y suficiencia de la infraestructura dada una carga y concurrencia determinada.

Durante el proceso de prueba se eligen tres tipos de carga (baja, media y alta) de usuarios utilizando la aplicación en los componentes o funcionalidades más comunes de Moodle según los datos de utilización históricos con que cuenta la UNED.

Las funcionalidades seleccionadas para las pruebas son las siguientes: ingresar a la página de autenticación, ingresar a la página principal, ver cursos, ver actividades de un curso, participar en un foro del curso haciendo un posteo, responder o replicar en un foro, ver curso y sus participantes, para finalmente salir de la aplicación. [4]

En la tabla 2 se resume las cargas programadas para determinar si las mismas dan los resultados esperados de acuerdo a la infraestructura propuesta.

**Tabla 2.** Distribución de los componentes de la prueba simulada. [4]

<b>Tamaño</b>	<b>Estudiantes</b>	<b>Ciclos</b>	<b>Funcionalidades</b>	<b>Total de Eventos</b>
Prueba S	30	5	14	2100
Prueba M	100	5	14	7000
Prueba L	1000	6	14	84000

Una vez configurado el set de pruebas por medio de la herramienta JMeter, con la información planteada en la tabla 2, se programa la dinámica de ciclos de ejecución y funcionalidades. Las pruebas se efectúan durante períodos de 24 horas y se monitorea la plataforma constantemente obteniendo los resultados que se describen en la tabla 3 que se muestra a continuación.

**Tabla 3.** Resultados obtenidos con las pruebas de simulación de cargas. [4]

<b>Tamaño</b>	<b>Total de Eventos</b>	<b>Tiempo de respuesta promedio (ms)</b>	<b>Tiempo máximo de respuesta (ms)</b>	<b>Errores</b>
Prueba S	2100	101	2084	0
Prueba M	7000	98	297	0
Prueba L	84000	124	3637	0

De estos resultados se interpreta que la Prueba S resulta satisfactoria y los valores de respuesta al utilizar los diferentes componentes rondan los 100 milisegundos, lo cual es bastante óptimo. La Prueba M por su parte también resulta satisfactoria, y los valores de respuesta al utilizar los diferentes componentes rondan los 100 milisegundos, lo cual es también se acerca a un comportamiento óptimo. [4]

Finalmente y la más importante, la Prueba L, es considerada la más relevante para efectos de este estudio ya que por su tiempo de ejecución de casi 24 horas continuas utilizando la aplicación Moodle y sus componentes, somete la infraestructura a una alta carga similar a las que se manejan en la UNED. Por su parte, los resultados obtenidos de la prueba son muy satisfactoria ya que los valores de respuesta al utilizar los diferentes componentes rondan los 200 milisegundos, lo cual es bastante óptimo considerando la carga aplicada. [4]

Basado en estos escenarios simulados se establece que la infraestructura puede soportar cargas de 1000 estudiantes concurrentes sin generar ningún tipo de problema y por lo tanto se determina que se puede aplicar este modelo para el estudio de casos planteado.

Es importante aclarar que este modelo es solamente aplicable a ambientes de producción y excluye otro tipo de implementaciones o aprovisionamiento específico para lo que serían ambientes de desarrollo, pruebas, restauraciones o similares que requieren una carga de pruebas y simulaciones diferentes para cada caso particular.

## **4. Resumen de los casos aplicados**

Una vez que se cuenta con un modelo robusto comparativo que establece los parámetros de la prueba así como la carga que se estaría asignando con cada proveedor de servicio, se procede a evaluar cada uno de los casos y los principales resultados de este estudio se proceden a detallar a continuación.

### **4.1. Amazon Web Services**

Amazon Web Services (AWS) es un proveedor de plataforma de nube que ofrece una vasta cantidad de servicios en varios centros de datos que se encuentran geográficamente dispersos. [5]

Esta plataforma fue la que se utilizó para modelar y probar la carga anteriormente descrita por lo que a nivel empírico se puede decir que sin duda alguna responde a las características requeridas por la UNED.

No obstante y partiendo del hecho que cada proveedor de servicios tiene una metodología y en particular no solamente se refiere a nivel técnico, sino también a su metodología en costos, era necesario incorporar un equipo servidor que funcione como enlace/puerta a la infraestructura (Aplicación Moodle) y otro equipo que contiene los datos del Moodle (Moodledata). A este último equipo se le aprovisionó un disco duro adicional para almacenamiento de datos de la aplicación, y finalmente se configuró un servicio de base de datos relacional (RDS: Relational Database Service) [4].

Es importante destacar como que después de haber trabajado la plataforma de Moodle con la nube de AWS, esta tiene una amplia escalabilidad y el aprovisionamiento de nuevos servicios o servicios virtuales es sumamente rápida.

Al tratarse de una nube pública también cuenta con alta disponibilidad en todas sus capas desde los servidores virtuales, capa de web, bases de datos, lo anterior debido a que cuenta con 80 zonas de disponibilidad repartidas en 25 regiones geográficas de todo el mundo. [5]

A nivel de costos, utilizando las herramientas de estimación con que cuenta la plataforma de AWS, se obtiene un precio aproximado de \$1,282.71 (USD) para cubrir con un mes de servicio (con un compromiso anual). Es importante aclarar que en estos costos no están contemplados los impuestos del país, ni el porcentaje de ganancia de un proveedor local que debe ofrecer la herramienta por medio del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP) que debe ser utilizado por la UNED para la contratación de estos servicios.

En este proceso tampoco se contemplaron los costos de servicios de implementación ya que en este escenario, así como en los demás, la implementación sería realizada directamente por la UNED.

Referente al soporte, AWS cuenta con una enorme cantidad de documentación,

tutoriales, comunidades dedicadas y además hay proveedores locales y regionales con amplio conocimiento en implementaciones de Moodle y similares utilizando AWS. Durante la carga de la prueba se contó con un proveedor que colaboró con consejos sobre la implementación y posteriormente se recibieron solicitudes de otros proveedores para ampliar en la experiencia obtenida por lo que el soporte es bastante bueno.

En síntesis, a nivel técnico la plataforma de AWS es muy satisfactoria en cuanto al proceso de la Universidad con respecto a Moodle, y en un ambiente de plataforma de aprendizaje en línea hacia el estudiante con valores cercanos a la realidad se refiere, sin embargo, el precio es un aspecto que debe ser considerado según lo realizado durante el estudio. [4]

#### **4.2. Microsoft Azure**

Otra plataforma de nube pública bastante robusta es la que presenta Microsoft Azure la cual es bastante popular y permite implementar servicios de cómputo diversos. El caso de UNED en la utilización de plataformas tecnológicas implementando ambientes de producción en Azure de Microsoft ha sido variada. Se han manejado diferentes servicios desde bases de datos y sitios web hasta repositorios de datos en la nube de Azure durante varios años.

Esta plataforma se utilizó en la UNED en los últimos años para implementar el landing page de todas las instancias de Moodle que se utilizan en la Institución. Las experiencias previas, siempre han sido satisfactorias y debido a la amplia variedad de servicios, podría ser utilizada para efectos de la implementación de la carga de pruebas con una alta escalabilidad.

Asimismo, Azure cuenta con una infraestructura global con más de 160 centros de datos distribuidos en regiones geográficamente dispersas, similar a la prestación con que cuenta AWS.

Para efectos de costos, se utilizó la herramienta de proyección y cálculos aportada por Azure, donde se aprovisó un servidor de Aplicación Moodle y otro equipo que contiene los datos del Moodle (Moodledata). Debido a las prestaciones particulares de este proveedor, no fue posible aprovisionar discos de menos de 256GB en las máquinas virtuales y no se encontró una propuesta para efectos de la prueba con una máquina que tuviera exactamente 12 cores sino que se utilizaron máquinas virtuales con 16 cores.

Asimismo, el almacenamiento, según lo estudiado, se compromete en incrementos de 1TB por lo que se tuvo que asignar un disco para el Moodledata de 2TB y no de 1400GB que era lo estimado inicialmente, según los datos requeridos por la UNED en la carga de la prueba.

Referente a las bases de datos, existe un servicio específico de MySQL que permitió modelar a cabalidad lo requerido por la carga de la prueba planteada y que además pudo aprovisionarse según lo establecido en dicha carga.

Referente los costos de la infraestructura de las máquinas virtuales y bases de datos requeridas, se aplicaron todos los modelos bajo los supuestos descritos anteriormente. Una vez finalizado el ejercicio se obtuvo un costo de \$1.388,70 (USD) mensual con un compromiso anual.

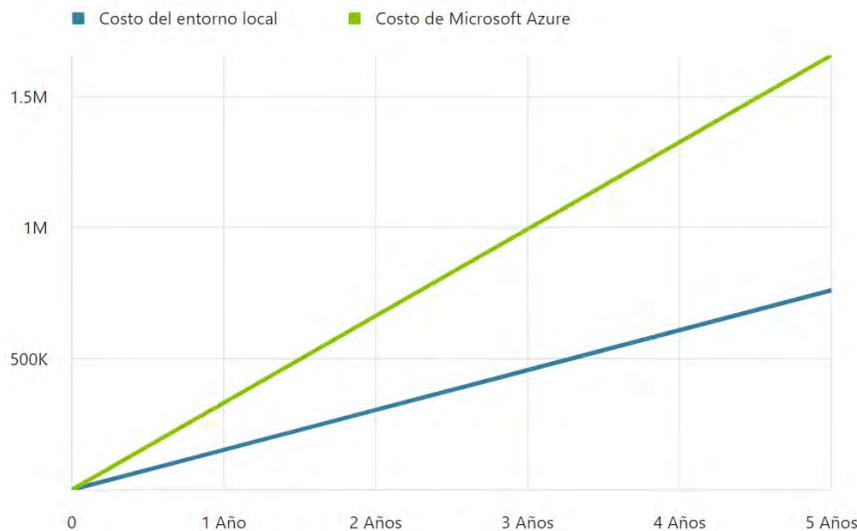
Similar al ejercicio anterior, es importante aclarar que en los costos no se contemplan los impuestos, porcentajes de ganancia del proveedor local ni los costos implementación. Cabe indicar que Microsoft cuenta con niveles de precios diferenciados para instituciones de gobierno y educativas que tampoco fueron consideradas como parte del alcance de este estudio.

Como valor agregado Azure permite la creación de un VPN directamente con los Centros de Datos de la UNED; sin embargo, para efectos de la prueba, no fueron implementados,

ni cuantificados. Es conocido por experiencias previas, que dependiendo de la cantidad de tráfico en un mes ese costo podría variar entre los \$15 a \$245 en rangos normales de uso o incluso llegar a los \$700 (valores en USD). Estas variaciones responden a los picos de consumo y dependen del tráfico entre sitios y se basan en experiencias previas ajenas a este estudio.

Azure también cuenta con una amplia gama de tutoriales, documentación extensiva, comunidades activas y hay una enorme variedad de proveedores locales con conocimientos diversos en implementaciones. A la fecha no ha existido un contacto entre la UNED y un proveedor especializado en Moodle y por lo tanto las experiencias han sido limitadas en ese sentido.

Azure además cuenta con una herramienta para realizar cálculos del costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés). Esta herramienta sería muy útil para proyectar una factibilidad de contar servicios en la nube según se muestra en la Figura 3 que se muestra a continuación.



**Fig. 3.** Costo total del entorno local en comparación con el costo de Azure a lo largo del tiempo.  
Fuente: <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/tco/calculator/>

El objetivo del estudio, trasladando una infraestructura similar a la plataforma de aprendizaje en línea de Moodle *on premise*, hacia una en la nube de Azure para un tiempo estimado de 5 años, según el software de cálculo de infraestructura en la nube de Azure, no supone un ahorro realizando un traslado a la nube, lo cual no es muy prometedor para efectos del caso planteado. Ahora bien, es importante señalar que esta práctica se basa en el supuesto que ya actualmente sí existe en la UNED una infraestructura *on premise* que fue adquirida con fondos producto de un empréstito con Banco Mundial y por lo tanto no se estaría empezando desde cero con una instalación en limpio para el caso de la UNED.

Los datos de referencia de esta plataforma aunque no son parte del alcance inicial propuesto, son importantes considerarlos en términos de un posible ahorro que podría suponer ejecutar las cargas de trabajo en Azure (o incluso en cualquier otra plataforma) la cual aumenta con el tiempo como se puede apreciar en la Figura 3.

### 4.3. Radiográfica Costarricense

La empresa Radiográfica Costarricense S.A. (RACSA) es el proveedor con mayor

trayectoria en el campo de las telecomunicaciones y las infocomunicaciones de Costa Rica. Se encuentra brindando servicios en diferentes líneas tecnológicas desde la década de 1920, por lo que en la actualidad cuenta con una plataforma tecnológica bastante amplia así como de posibilidades de cómputo en la nube. [6]

Al ser el principal proveedor de servicios de internet (ISP, por sus siglas en inglés) de la UNED fue considerado como parte de este estudio de casos para evaluar las posibilidades tecnológicas de implementar en la nube propia de RACSA, la plataforma de aprendizaje en línea de Moodle propuesta.

Una de las principales limitaciones de la propuesta viene en función de la escalabilidad ya que al ser una propuesta de valor a la medida, no es fácil de ampliar en un futuro y por lo tanto cualquier cambio debe visualizarse en el mediano plazo.

Referente a la alta disponibilidad, este proveedor tiene las mejores prestaciones en materia de redes al ser el principal proveedor de servicios de la UNED, sin embargo, a diferencia de AWS o Azure, no cuenta con centros de datos geográficamente dispersos por el mundo.

Para una oferta local, sí se cumple con una disponibilidad razonable, pero en casos de estudiantes internacionales y en situaciones de cortes de internet submarinos como ha sucedido anteriormente, sí habría un impacto considerable.

Referente a costos, la oferta preliminar presentada, según la carga de la prueba propuesta, asciende a los \$ 2.750,00 (USD) mensuales. Este costo a diferencia de los anteriores, sí se trata de un costo incluyendo impuestos, implementación y servicios conexos asociados.

Referente al soporte técnico, tiene una enorme ventaja al contar con ejecutivos y soportistas locales disponibles las 24 horas para la atención de cualquier situación y eventualidad. Además cuentan con mesas de servicio especializadas y soporte telefónico y vía correo que a nivel de la UNED siempre ha sido de primer nivel en la atención de los casos en materia de conectividad. No obstante, es importante aclarar que este soporte no sería especializado en Moodle sino a nivel de la plataforma de la nube en general.

Asimismo, se indica que en la UNED no se cuenta con experiencia previa en el uso de estos servicios en nube utilizando a este proveedor local.

#### **4.4. Servicio Administrado: Tunalkan**

Además de los servicios en nube que se analizaron anteriormente, es importante realizar una mención especial a lo que serían servicios administrados de Moodle, los cuales han sido utilizados en el pasado por la UNED y aunque hay algunas experiencias positivas y negativas, lo cierto es que desde el año 2018 y con un mayor uso a partir del 2019 se contrató a nivel institucional un servicio de Moodle como medida de contención de la concurrencia y además con el fin de separar instancias y ambientes *on premise* y fuera de la UNED.

Este servicio fue contratado a la empresa Tunalkan eBusiness, la cual tiene sede en España y Costa Rica y que dentro de sus servicios ofrece la instalación, diseño y soporte para el manejo de recursos Moodle.

Para la oferta planteada para la UNED se dispuso de una infraestructura con un tope de hasta 30.000 usuarios con costos diferenciados por capas hasta 17.000 usuarios que fue lo solicitado en el pliego de especificaciones del cartel, según se detalla en la Tabla 4 que se muestra a continuación

**Tabla 4.** Costos del servicio administrado para un total de 17.000 usuarios máximo. [7]

Descripción	Cantidad de usuarios	Costo por usuario	Total
Costo Base	0	N/A	\$700
Tramo de 500	0-500	\$1.25	\$400
Tramo de 500 a 1.500	500-1.500	\$0.40	\$400
Tramo de 1.500 a 10.000	1.500-10.000	\$0.15	\$1.275
Tramo de 10.000 a 17.000	10.000-17.000	\$0.10	\$700
<b>Total mensual</b>			\$3.475

De acuerdo con la tabla anterior, a pesar de que la carga de la prueba se hizo para 1.000 usuarios, el servicio en realidad permite un crecimiento con costos claramente definidos hasta los 17.000 usuarios concurrentes, permitiendo crecer hasta los 30.000 usuarios de sobrecarga como parte de la oferta por lo que se puede considerar que la misma es realmente escalable.

Referente a la alta disponibilidad, el servicio no cuenta con centros de datos geográficamente distribuidos por lo que es un poco limitado en ese sentido, sin embargo, la prestación de servicio fue propuesta en cluster por lo que cuenta con redundancias a nivel de máquinas virtuales.

Con relación a los costos, si se asume el precio específico de la carga de pruebas de 1.000 usuarios y utilizando como referencia los costos establecidos en la Tabla 4, se tendría un total de \$1.300 (USD), los cuales equivalen a \$700 de costo base, \$400 por los primeros 500 usuarios y \$200 por el siguiente tramo de 500 usuarios. Este costo es bastante competitivo e incluso resulta comparable con los datos de proveedores anteriormente citados.

Es importante mencionar que en implementaciones más grandes con este proveedor, existe una economía de escala evidente ya que, por ejemplo, duplicar la cantidad de usuarios no genera un costo duplicado sino que apenas aumentaría el costo en \$275 (USD).

Finalmente, referente al soporte técnico de la plataforma, se puede decir que en estos años ha sido excepcional. Cuenta con varias vías de atención 24 horas al día contando con tiempos de respuesta que no superan las 2 horas[7]. Además cuentan con una alternativa de soporte directo al estudiante lo cual es muy conveniente ya que pueden evacuar dudas de utilización de la misma plataforma por medio de un chat especializado que está incrustado directamente en el Moodle.

## 5. Comparación de los resultados obtenidos

Una vez expuestos los casos, se presenta una comparativa de los principales resultados obtenidos según cada uno de los factores del modelo planteado.

### 5.1. Escalabilidad

A nivel de la escalabilidad de la propuesta técnica, lo mejor se puede encontrar en los proveedores de nube pública como AWS y Azure que tienen amplias posibilidades de crecer en centros de datos geográficamente dispersos, aunque este enfoque requiere de ampliar la inversión en las mismas.

Posteriormente se puede considerar a un proveedor de servicios que como el caso estudiado de Tunalkan, presenta una posibilidad de crecimiento bastante satisfactorio y con costos de economía de escala muy razonables.

Finalmente, el proveedor de servicios local (RACSA) tiene posibilidades un poco más

limitadas a la prestación y capacidades locales que serían inferiores a lo que incluso se tiene actualmente con los centros de datos con que cuenta la UNED.

### 5.2. Alta disponibilidad.

Todas las opciones analizadas tienen buenas prestaciones en materia de alta disponibilidad suponiendo un crecimiento natural en la propuesta de prueba de carga.

No obstante, por las particularidades de los servicios de nube pública (AWS y Azure), estos cuentan con las mejores alternativas de alta disponibilidad ya que ambas poseen redundancia en todas las capas del servicio (conectividad, servidores, centros de datos, etc.) a diferencia de las demás alternativas (RACSA y Tunalkan) las cuales solamente presentarían una redundancia a nivel de equipos virtuales.

### 5.3. Costo.

Referente a los costos, los mismos son bastante similares, aunque con ciertas diferencias, la mejor alternativa la representa el servicio administrado (Tunalkan) el cual además tiene un modelo de economía de escala que permite crecer en cantidad de usuarios con un costo relativamente bajo. En contraste la alternativa más cara es el proveedor de servicios local (RACSA).

Para efectos de una mejor comparativa, en la Tabla 5 se presenta el costo mensual, el costo mensual por usuario, que es un indicador bastante utilizado para este tipo de análisis, así como un costo anual. Los precios están presentados en dólares americanos (USD).

**Tabla 5.** Costos de las plataformas del estudio de casos incluyendo el costo mensual, costo mensual por usuario y el costo anual del servicio.

Plataforma	Costo mensual	Costo mensual por usuario	Costo anual
Amazon Web Service	\$1,282.71	\$1,28	
Microsoft Azure	\$1.388,70	\$1,39	
RACSA	\$2.750,00	\$2,75	
Tunalkan	\$1.300,00	\$1,30	

### 5.4. Soporte Técnico.

El mejor soporte técnico se encuentra en la plataforma de servicio administrado (Tunalkan), debido principalmente a que se trata de un servicio especializado con mucha experiencia. Asimismo, el proveedor se encarga de procesos de actualización de la plataforma entre otros, con tiempos de respuesta de pocas horas. Además, cuenta con la opción de brindar soporte directo a estudiantes lo cual reduce la cantidad de tiempo que se requiere en la UNED para la atención de este tipo de casos y consultas.

El soporte técnico en plataformas de nube pública como la de Azure, según la experiencia en la UNED se puede establecer como un punto bajo ya que no hay proveedores especializados en plataformas de aprendizaje en línea, sin embargo, en contraste, el apoyo técnico mostrado por parte de AWS es bastante satisfactorio debido a la red de apoyo con que se cuenta a nivel de proveedores, este punto podría ser debatible ya que esta percepción podría cambiar en un futuro si la comunidad ampliara en capacidades específicas sobre Moodle específicamente.

En un caso similar, el proveedor local (RACSA) no cuenta con soporte especializado en plataformas de aprendizaje en línea y por lo tanto es el que podría presentar más problemas si se decide utilizar sus servicios.

## 6. Conclusiones

Durante el desarrollo de este documento, se logró realizar un comparativo el cual permite establecer parámetros para tomar decisiones y determinar la pertinencia de los diferentes proveedores de servicios. A continuación, se describen algunos de los principales aciertos y desaciertos de la comparativa realizada.

### 6.1 Aciertos

**Diversidad de servicios y ampliación de capacidades.** Los proveedores de plataforma en nube como AWS y Azure poseen una cantidad considerable de centros de datos físicos en distintas regiones del planeta interconectados entre sí, esto hace que elementos como la alta disponibilidad y la estabilidad del servicio estén de alguna manera garantizados. Asimismo, podrían ser considerados como parte de una oferta híbrida que permita ampliar las capacidades y mejorar en la disponibilidad de la plataforma actual de la UNED.

**Facturación del servicio administrado en nube.** Los servicios en nube y administrados estudiados, a razón de la facturación, por lo general se establece por medio de un monto fijo mensual, por cuanto si durante la utilización de los sistemas o plataformas existe una creciente demanda de transacciones y concurrencia o por el contrario en el periodo se experimenta una demanda decreciente en los sistemas alojados, el cobro del servicio sería constante durante el tiempo contratado lo cual es un beneficio para una institución como la UNED que tiene un proceso muy exhaustivo y si se puede decir burocrático en la justificación de los gastos.

**La escalabilidad inmediata de los servicios en nube.** En la actualidad tener un centro de datos propio, representa que, en el momento de requerir ampliaciones de la infraestructura física, se requiere de un aprovisionamiento y configuraciones especiales las cuales pueden en un entorno normal tardar meses de procesos de compra e implementación, a diferencia de trabajar en la plataforma de nube, lo cual sería de inmediato sin perjuicio de los costos incrementados del servicio.

### 6.2 Desaciertos

**Facturación por demanda.** El tipo de cobro por demanda es un modelo que oscila dependiendo de la cantidad de transacciones, tipo de almacenamiento, tráfico de datos a través de la plataforma según el servicio alojado, y esto hace que los costos de infraestructura en nube sean muy diferentes entre un periodo a otro, para casos de picos muy altos, los costos podrían superar las capacidades de pago institucionales y si se limita esta posibilidad, se estaría generando una negación de servicio programada.

**Rigidez del servicio administrado en nube.** Los servicios administrados en nube son un poco más rígidos cuando se refiere al momento de efectuar alguna modificación en las plataformas alojadas en ellas. Modificaciones, como por ejemplo, cantidad de respaldos o restauraciones a realizar en un periodo dado, la instalación de nuevos aditamentos o “plugin” en la plataforma que no estén contemplados en los contratos iniciales podrían requerir de ciertas renegociaciones que no son fácilmente aplicables con la tramitología institucional requerida.

**Falta de elementos clave para justificación de aumentos.** Con un centro de datos bien aprovisionado y funcional, realmente no se encuentra una justificación de fondo para la contratación de estos servicios adicionales o para prescindir en la actualidad de estos centros de datos con la inversión que ya se ha realizado en ellos.

**Altos costos.** Para una organización con una infraestructura tecnológica definida con Centro de Datos propio, el uso de servicios para albergar sistemas de misión crítica en

nubes como las estudiadas anteriormente requiere de un esfuerzo económico considerable. Este elemento se puede visualizar aún más con las herramientas que brinda Azure donde se puede estudiar más a fondo el costo total de propiedad.

## 7. Trabajo futuro

Finalmente, se plantean algunos desafíos futuros que no fueron parte del alcance de este estudio sin embargo pueden considerarse para ampliar los resultados obtenidos en el análisis, así como considerar nuevas aristas a

**Ampliación del modelo de referencia.** Referente al estudio realizado podrían plantearse nuevos elementos al modelo para ampliaciones del análisis a futuro y que permita mejorar la comparativa. Por ejemplo, se puede considerar una escala cuantitativa en términos de rendimiento y velocidad de respuesta con cargas específicas de trabajo, usando como base, el resultado de cada servidor específicamente con cargas efectivas de 1000, 2000 y 5000 usuarios concurrentes, emulando labores normales que se realizan en cada Moodle. Otra variable que se puede analizar sería la del tiempo de respuesta del sitio web, obtenido a nivel de ciertas cargas en funcionalidades específicas del Moodle. Con estos elementos se puede ampliar el escenario de comparación si se tuviera acceso en forma de prueba de concepto a cada una de las plataformas a considerar.

**Optimización de recursos según capacidades de nubes.** Otro elemento que puede considerarse para mejorar el rendimiento sería el de el uso específico de capacidades de nubes para no depender de máquinas virtuales en específico sino de algún modelo especializado de almacenamiento, procesamiento, base de datos, redes y otros que de alguna manera podrían ayudar a prescindir completamente de las máquinas virtuales y así probar la carga con un modelo más especializado por cada nube. No obstante, este análisis podría restar capacidad de comparación que fue uno de los objetivos del presente estudio y por lo tanto no fue considerado.

**Utilización futura del modelo para otros usos.** Además de la revisión de un escenario de plataformas de aprendizaje en línea, el modelo planteado puede ser utilizado de la misma manera o a nivel ampliado para el estudio de cargas de trabajo que no necesariamente sean plataformas LMS sino que se puede utilizar para otro tipo de aplicaciones generando posiblemente resultados similares.

## Referencias

- 1 Universidad Estatal a Distancia. 2021. Historia. <https://www.uned.ac.cr/historia>
- 2 Rojas, R, Durán F. 2018 Implementación de plataforma de aprendizaje en línea basada en Moodle en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica ACTAS TICAL2018. RedCLARA.
- 3 Monge, E. 2010. El estudio de casos como metodología de investigación y su importancia en la dirección y administración de empresas. Revista Nacional de Administración.
- 4 Sandoval, P. 2020. Informe Técnico UIT 07 2020 Prueba de concepto de Infraestructura en AWS (Amazon Web Services) Cloud. Universidad Estatal a Distancia
- 5 Amazon Web Services. 2021. ¿Qué es AWS? <https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/>
- 6 Radiográfica Costarricense. 2021. Oferta preliminar Servidores virtuales Universidad Estatal a Distancia
- 7 TUNALKAN eBusiness S.L. 2018. Oferta para Licitación Abreviada N°: 2018LA-000006-0017699999 Universidad Estatal a Distancia.

## Adaptación de procesos de ITIL a la División de las TIC de la Universidad del Cauca

María Valentina González Benavides, Esteban Yamá Martínez

Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería Electrónica y  
Telecomunicaciones, Popayán, Cauca  
mariavgonzalez@unicauca.edu.co, estebanyama@unicauca.edu.co

### Resumen

La Gestión de Servicios de TI contribuye a que las organizaciones alcancen sus objetivos estratégicos mediante la estructuración de procesos que facilitan la alineación de los servicios de TI con las necesidades organizacionales. ITIL gracias a su principio de flexibilidad permite que organizaciones como Instituciones de Educación Superior adapten a su entorno las mejores prácticas de ITSM. En este contexto, el presente trabajo muestra cómo se llevó a cabo la adaptación de procesos para la Gestión del Catálogo de Servicios de TI, Gestión de Solicitudes y Gestión de incidentes en la División de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad del Cauca, partiendo desde la identificación del contexto organizacional, estructuración de las prácticas de gestión, hasta la integración de los procesos adaptados en una herramienta ITSM.

**Palabras Clave:** Gestión de Servicios de TI, ITSM, ITIL, Institución de Educación Superior, IES, Gestión de Catálogo de Servicios, Gestión de Incidentes, Gestión de Solicitudes, KPI, CSF, PSF, Métricas, Herramienta ITSM, iTop, Mesa de ayuda, Universidad del Cauca.

**Eje temático:** Gestión y gobierno de las TIC para repensar la universidad impulsada por las tecnologías digitales.

## 1. Introducción

Las Tecnologías de la Información – TI (IT, *Information Technology*) se han convertido en una pieza fundamental para las organizaciones, apoyando el desarrollo de sus procesos y actividades de forma ágil, y apalancando el logro de los objetivos estratégicos de manera eficiente, elevando así, su competitividad; todo ello con el propósito de garantizar la satisfacción de los clientes y usuarios que hacen uso de sus servicios.

Los servicios que hacen uso de estas tecnologías (Servicios de TI), son el medio para obtener los beneficios mencionados. En las organizaciones estos servicios pueden apoyar procesos internos, o entregar resultados directamente a clientes externos. En ambos casos, estos servicios deben responder a unas condiciones de calidad, previamente acordada, ser fiables, consistentes, y de costos aceptables [1], de tal forma que beneficien tanto a clientes, como a la organización.

Lograr lo anterior implica alinear la tecnología y los servicios de TI con la estrategia de la organización. En consecuencia, es necesario definir procesos y métricas que vayan de la mano con la misión, visión y objetivos estratégicos, y que permitan realizar un seguimiento continuo sobre la prestación y soporte de los servicios brindados.

En este contexto, la Gestión de Servicios de Tecnologías de la Información (ITSM, *Information Technology Service Management*) se define como: una disciplina basada en procesos para hacer uso de las tecnologías de la información de una manera estructurada, de tal forma que se puedan alcanzar niveles de satisfacción a nivel organizacional y de clientes finales [2]. Esta disciplina reúne marcos de referencia y estándares desarrollados a nivel mundial, que guían y respaldan a las organizaciones en la gestión de servicios de TI [3].

Actualmente ITIL es el marco de referencia para ITSM más empleado debido a su versatilidad [4]. A diferencia de los estándares, no es necesario implementar este marco en su totalidad, cada organización puede adaptar las prácticas que se ajusten a sus necesidades [5]. Es aplicable, además, a cualquier organización independientemente de su clasificación, por lo que algunas Instituciones de Educación Superior (IES) han optado por adaptar este marco de referencia. En Colombia algunas IES como la Universidad del Valle, la Javeriana y la ICESI, entre otras, han implementado determinados procesos de ITIL versión 3, Edición 2007 [3], [2].

Actualmente, la Universidad del Cauca cuenta con una dependencia (División de las TIC) encargada de prestar los servicios de TI a la comunidad universitaria, y brindar el respectivo soporte técnico mediante una mesa de ayuda (Contacto 55). En esta dependencia los procesos no están estructurados, ni ajustados a un modelo para gestión de servicios de TI, como tampoco existen métricas claras que permitan medir el desempeño de los procesos y servicios. Adicionalmente, se utiliza una herramienta software para recibir las solicitudes de los usuarios, la cual carece de características como trazabilidad en las solicitudes e incidentes, manejo de tickets, encuesta de satisfacción y visualización de informes estadísticos.

Con base en lo anterior, se identifica la necesidad de caracterizar un catálogo de servicios para la División de las TIC, así como de estructurar los procesos relacionados con solicitudes e incidentes, definir indicadores clave de desempeño y adaptar una herramienta software que soporte los procesos. A continuación, se expondrá el proceso de adaptación de 3 prácticas de ITIL 4<sup>8</sup> en la División de las TIC de la Universidad del Cauca, y su posterior integración en una herramienta ITSM.

---

<sup>8</sup> Gestión de Catálogo de Servicios, Gestión de Incidentes y gestión de Solicitudes

## **2.Contexto de la División de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones**

Para realizar la adaptación de cualquier práctica de ITIL, es necesario que la gestión de servicios de TI se conciba de una manera holística. Se debe identificar el contexto organizacional, sus características, situación actual y relaciones con partes externas [8]. De igual manera es importante identificar la situación actual en cuanto a la gestión de servicios de TI.

- **Contexto organizacional**

La Universidad del Cauca es una Institución de Educación Superior del orden nacional, con Acreditación de Alta Calidad, otorgada por el Ministerio de Educación Nacional mediante Resolución 6218 del 13 de junio de 2019 [9]. Esta acreditación es expedida a las universidades que poseen las características de alta calidad definidas por el Consejo Nacional de Acreditación.

La Universidad del Cauca cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que se enmarca en el modelo NTC - ISO 9001:2015 [10]. Tiene un enfoque basado en procesos, conformado por procesos estratégicos, misionales, de apoyo y de evaluación. Como parte de los procesos de apoyo, se define el subproceso de Gestión de recursos tecnológicos, que se encarga de soportar el funcionamiento de los servicios de TI en la institución [11]. Este subproceso está a cargo de la División de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (División de las TIC) [15].

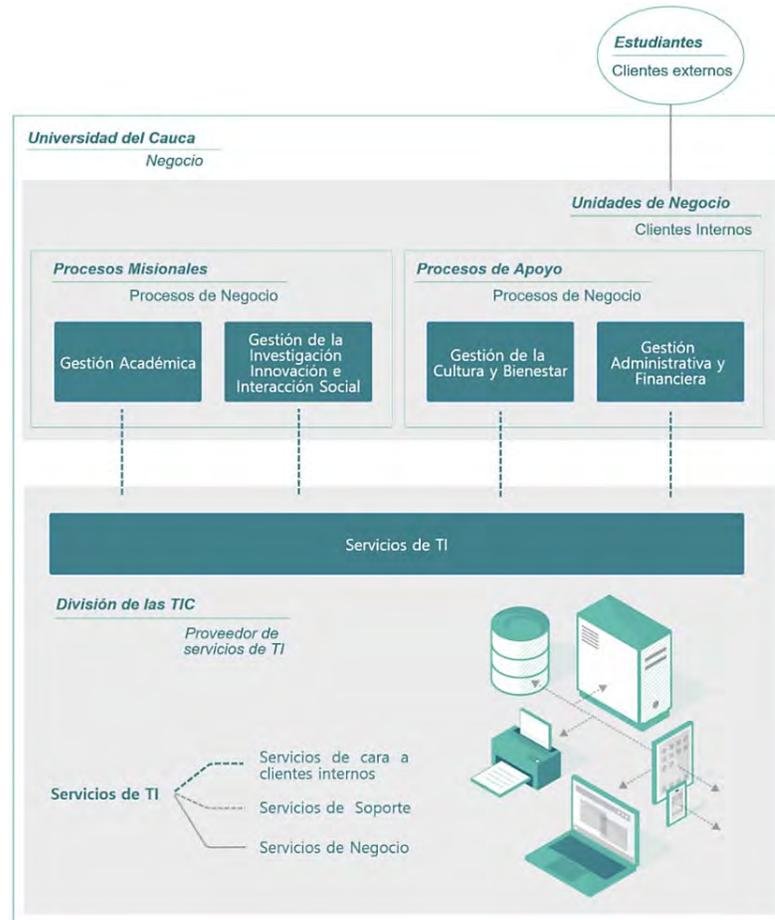
La División de las TIC es una dependencia adscrita a la Vicerrectoría Administrativa que se encarga de proveer servicios de TI a las demás dependencias de la Universidad, incluido el soporte técnico de los mismos [12]. Para cumplir su propósito, cuenta con un conjunto de recursos tecnológicos, proveedores externos, un equipo de trabajo y una estructura funcional donde se definen roles, responsabilidades y flujos de trabajo.

La documentación de los procesos institucionales, procedimientos y formatos asociados al Sistema de Gestión de Calidad, es de acceso público para toda la comunidad universitaria a través de LVMEN [13]. El análisis de esta fuente de información es esencial para entender la estrategia y cultura organizacional y su relación con las tecnologías de la información.

- **Relación del contexto organizacional con ITIL**

La Universidad del Cauca ejecuta el rol de una organización que consume servicios de TI y que cuenta con unidades de negocio que corresponden a las vicerrectorías. Estas a su vez, tienen a su cargo procesos de negocio.

La División de las TIC toma el rol de proveedor de TI interno ya que hace parte de la misma organización a la que suministra los servicios de TI [7]. Las dependencias universitarias que consumen dichos servicios toman el rol de clientes internos. Esto involucra a los profesores, administrativos y contratistas. Los estudiantes son clientes externos, ya que no laboran en la universidad, se vinculan a través de la oferta académica. La Fig. 1 ilustra lo descrito.



**Fig. 1.** Relación del contexto organizacional con ITIL. Adaptación del diagrama de servicios internos y externos que se encuentra en el Libro 1 de ITIL v3, Estrategia del Servicio

- **Situación actual de los Servicios de TI en la División de las TIC**

Identificar los servicios de TI es el punto de partida para realizar la adaptación de las prácticas de ITIL. Para esto se analizaron los procedimientos correspondientes a los procesos misionales y de apoyo documentados en LVMEN, en donde se encontraron referencias a uno o más servicios de TI utilizados por las dependencias para apoyar la ejecución de sus actividades.

La información obtenida se contrastó con los diferentes grupos de trabajo, con el fin de reflejar la realidad de la División de las TIC. Para esto se realizaron entrevistas semiestructuradas con tipo de respuesta abierta. A través de las entrevistas se recolectó la perspectiva de cada uno de los grupos de trabajo de la División de las TIC con relación a los servicios de TI que se prestan y soportan. Finalmente se identificaron 14 servicios que fueron clasificados entre servicios de cara a clientes internos y servicios de soporte.

Con los servicios identificados se construyó el esquema de servicios de TI. Este permite visualizar la relación entre procesos de negocio, servicios de cara al cliente y servicios de soporte, como se observa en la Fig. 2. Este esquema reúne el enfoque estratégico y misional de la organización, y el que tiene el proveedor de TI sobre los servicios que están siendo creados, modificados y operados.

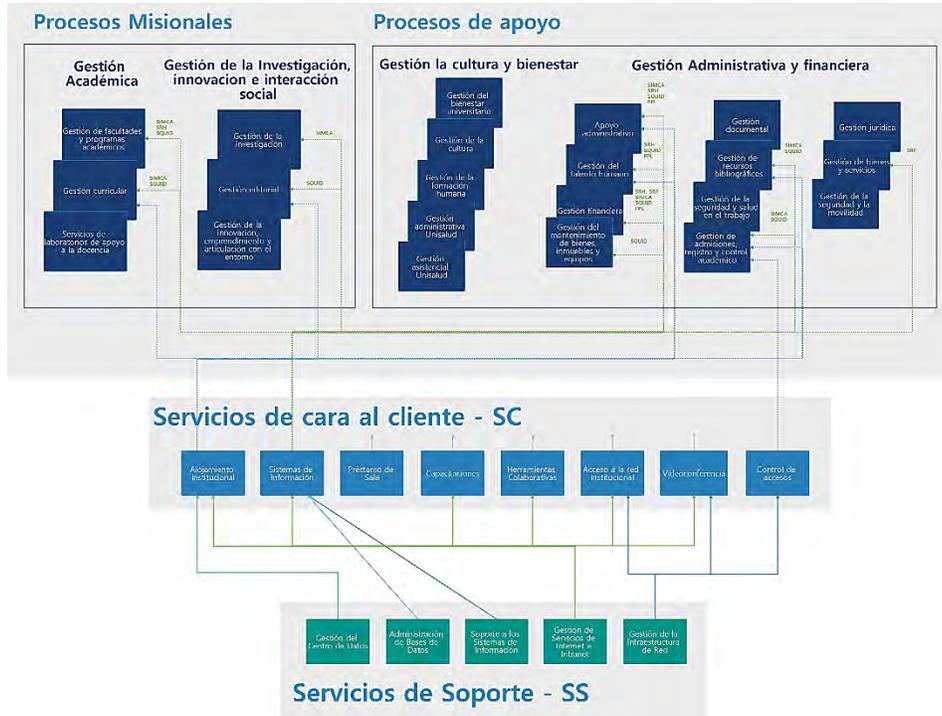


Fig. 2. Esquema de servicios de TI de la División de las TIC. Por los autores.

- **Situación actual de los Servicios de TI en la División de las TIC**

Una vez han sido identificados los servicios, es necesario conocer el estado en el que se encuentra la División de TIC con relación a las prácticas que se van a adaptar. Identificar la situación actual permite aprovechar los insumos con los que ya cuenta la organización para realizar optimizaciones o mejoras. Para identificar los aspectos a evaluar se utilizaron los referentes [6], [16], [17], [18], [19].



**Fig. 3.** Criterios para evaluar la situación actual de 3 prácticas de ITIL en la División de las TIC. Por los autores.

Cada uno de los aspectos elegidos se asoció con 1 o más preguntas. Estas preguntas describen cada uno de los aspectos y guían la evaluación que se realiza sobre los procesos, actividades, funciones y roles existentes en la División de las TIC.

Para dar respuesta a las preguntas se realizó una recopilación de datos enmarcada en las prácticas objeto de estudio y los aspectos elegidos para cada una de ellas. Esta recopilación se realizó por medio de una observación indirecta que incluyó: entrevistas semiestructuradas dirigidas al equipo de TI, análisis de documentos y reportes, y análisis de la tecnología utilizada.

A partir de la evaluación realizada se evidencia que la mayoría de los aspectos evaluados no se encuentran presentes, o están en un estado inicial. No existe un catálogo de servicios caracterizado y actualizado. Hace falta definir los procesos de resolución de incidentes y cumplimiento de solicitudes, así como los roles y responsabilidades de los mismos. Es necesario definir métricas e indicadores que evalúen el desempeño de las prácticas, y se debe adaptar una herramienta software que permita automatizar, y realizar seguimiento y control.

### 3. Adaptación de las prácticas de ITIL

Para adaptar las prácticas de ITIL se toma como referencia principal la documentación del marco de referencia [3], [6], [16], [17], [18], [19]. A partir de esto se define la estructura que se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Estructura de las prácticas

<b>Estructura de la Práctica</b>	
<b>Generalidades</b>	Propósito, Alcance
<b>Procesos</b>	Objetivo, Entradas, Recursos, Salidas, Diagrama de flujo, Actividades
<b>Personas</b>	Roles, Responsabilidades
<b>Seguimiento y control</b>	CFS, PSF, KPI, Métricas
<b>Políticas</b>	
<b>Anexos</b>	

- **Práctica de Gestión del Catálogo de Servicios**

Debido a que la División de las TIC no contaba con un catálogo de servicios, antes de estructurar la práctica se utilizó la Guía para la construcción de un catálogo de servicios de la IT4+ [20] que se expone en la Fig. 4.



**Fig. 4.** Guía para construir un catálogo de servicios. Adaptada de la IT4+

**Identificación de los servicios de TI.** La identificación de los servicios de TI de la División de las TIC se abordó en la sección anterior.

**Definición de la estructura de datos del catálogo.** Aquí se establece la información relevante que se debe documentar para cada servicio. En este punto se considera tanto la información técnica que requiere el equipo de TI, como la información de prestación y soporte técnico del servicio, que es de utilidad para el cliente. Para esto se construyó una ficha de servicios con base en la guía presentada en [8] y la documentación de ITIL [16], que se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Estructura de datos del catálogo de servicios

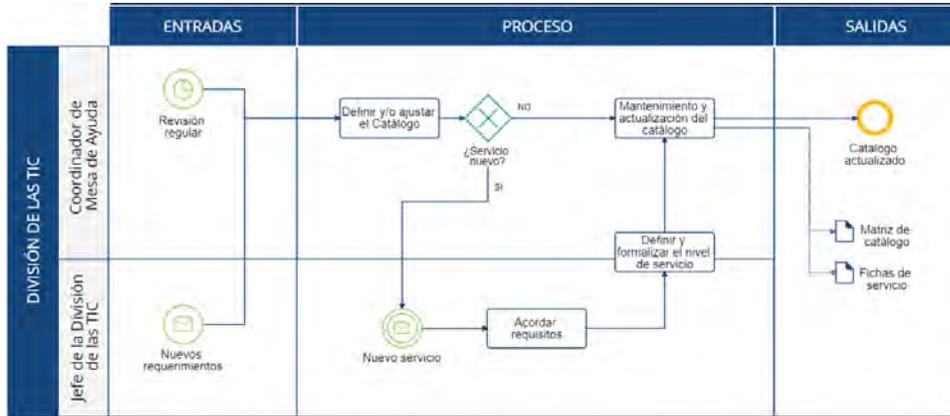
<b>Ficha de servicio</b>	
<b>Información Básica</b>	Nombre, Identificador, Tipo de servicio, Responsable
<b>Proposición de valor</b>	<i>Descripción</i>
<b>Información general</b>	Objetivos del servicio, Beneficios, Relaciones con el negocio
<b>Información detallada</b>	Usuarios clave, Unidades de negocio que apoya, Grupo resolutor, Servicios de soporte asociados, Proveedores clave, Recursos clave
<b>Actividades clave</b>	<i>Descripción</i>
<b>Información técnica</b>	Características, Alcance
<b>Condiciones de la prestación</b>	Disponibilidad, Horario de disponibilidad, Canal de suministro, Tipos de usuarios
<b>Condiciones relacionadas con solicitudes e incidentes</b>	Horario de atención, Canal de atención, Escalamiento
<b>Tiempos de respuesta</b>	Nivel 1, Nivel 2, Nivel 3
<b>Catálogo de solicitudes</b>	<i>Descripción</i>
<b>Normatividad y políticas de uso</b>	<i>Descripción</i>
<b>Documentos relacionados</b>	<i>Descripción</i>
<b>Historial de versiones</b>	Fecha, autor

Después de estructurar la ficha de servicios, se documenta la información para cada uno de los servicios de TI identificados, usando para ello, los insumos obtenidos en el capítulo anterior, junto con la información recolectada mediante entrevistas semiestructuradas dirigidas al equipo de TI, grupo focal [21] y análisis de la tecnología existente.

**Definir la vista del Catálogo.** Se elige la vista básica, la cual clasifica los servicios en 2 grupos: servicios de cara al cliente y servicios de soporte.

**Recopilar y mantener los datos del catálogo.** Para este último paso se estructuró la práctica de acuerdo con la Tabla 1. A continuación, se presenta, a modo de resumen, el proceso construido<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Los procesos fueron construidos con base en la notación BPMN 2.0



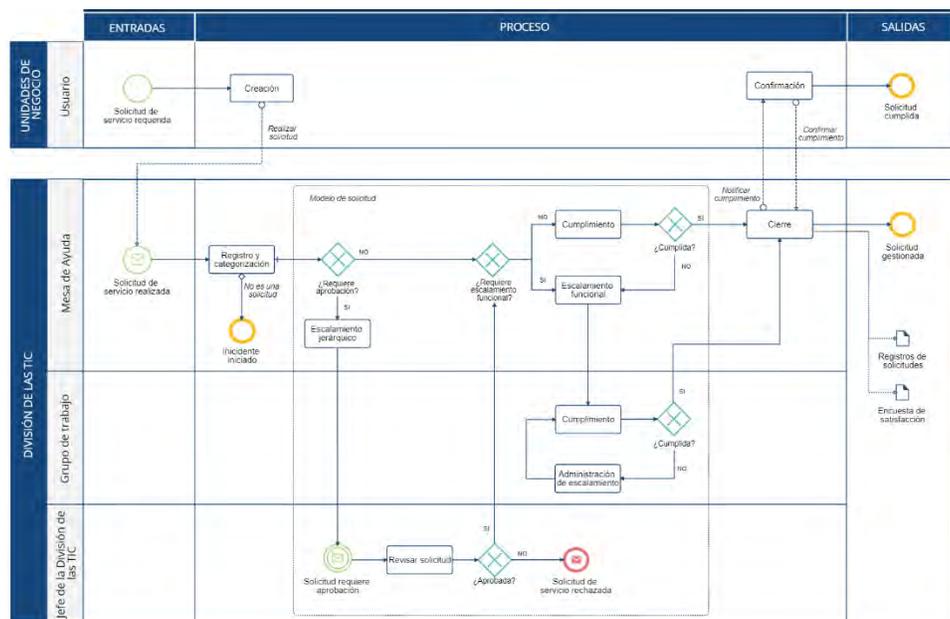
**Fig. 5.** Proceso de mantenimiento y actualización del catálogo de servicios

• **Práctica de Gestión de Solicitudes e Incidentes.**

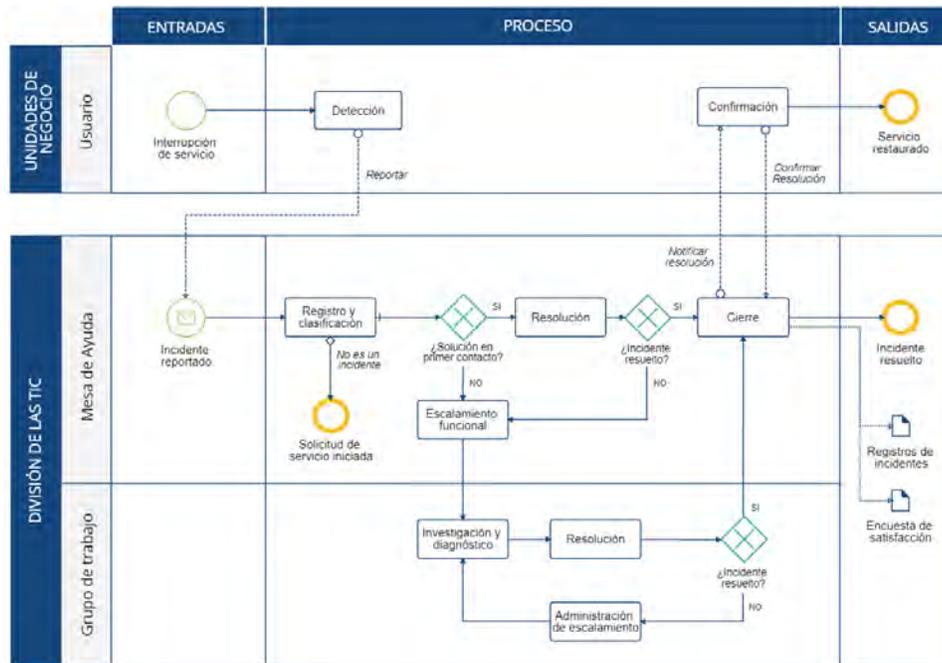
Las prácticas de Gestión de Solicitudes y Gestión de Incidentes se encuentran estrechamente relacionadas debido a que ambas se ejecutan en la Mesa de ayuda del proveedor de TI, definen un ciclo de vida con recepción, tratamiento y cierre; hacen uso de una matriz de prioridad, y comparten una interfaz para comunicarse entre sí. Por esta razón, los roles asociados a las prácticas son los mismos y las responsabilidades se encuentran correlacionadas.

Para adaptar estas prácticas se consideraron los insumos obtenidos en el capítulo anterior, que se complementaron con una entrevista semiestructurada dirigida al coordinador de la mesa de ayuda, y se estructuraron siguiendo la Tabla 1.

A continuación, se presentan los procesos construidos para la práctica de Gestión de Solicitudes e Incidentes.



**Fig. 6.** Proceso de cumplimiento de solicitudes



**Fig. 7.** Proceso para manejo y resolución de incidentes

Finalmente, se presentan los indicadores clave de desempeño definidos para los procesos de incidentes y solicitudes.

**Tabla 3.** Indicadores clave de desempeño para los procesos de incidentes y solicitudes

PSF	KPI	Métricas
Resolver incidentes/solicitudes de manera rápida y efectiva.	Porcentaje de incidentes/solicitudes cerradas en el primer punto de contacto.	Número total. Número de cerrados en primer contacto.
	Porcentaje de incidentes/solicitudes resueltas remotamente.	Número total. Número de resueltos remotamente.
Mantener la calidad de los servicios de TI	Porcentaje de incidentes por servicio.	Número de incidentes por servicio.
Mantener la satisfacción del usuario con los servicios de TI	Nivel de satisfacción promedio de los usuarios.	Número de usuarios que participan. Nivel de satisfacción de cada usuario.

Después de estructurar las 3 prácticas objeto de estudio, y definir los procesos correspondientes, estos se llevan a una herramienta de gestión de servicios de TI que integre las actividades definidas. En el caso de incidentes y solicitudes, en la herramienta se definirá

el ciclo de vida para dar cumplimiento a los objetivos de los procesos. La adaptación de la herramienta se abordará en la siguiente sección.

#### 4. Adaptación de una herramienta ITSM

El componente tecnológico en la Gestión de Servicios de TI permite potenciar y hacer un buen uso del conocimiento y la información que resulta de la prestación, operación y soporte de los servicios de TI. En ese contexto, las herramientas ITSM son de gran apoyo para los procesos que se llevan a cabo en la mesa de ayuda, donde es necesario registrar los reportes del cliente, comunicar y asignar a los grupos de trabajo, permitir la trazabilidad de los tickets creados y almacenar información relevante con solicitudes, incidentes, problemas, cambios o errores.

En esta sección se expondrá la integración del proceso de cumplimiento de solicitudes de servicio, y el proceso de resolución y manejo de incidentes, en una herramienta para Gestión de Servicios de TI. Para ello se toman como entradas, la situación actual de la División de las TIC descrita en el segundo capítulo, y la estructuración de las prácticas de Gestión de Solicitudes e Incidentes, abordada en el capítulo anterior.

- **Selección de una herramienta ITSM**

El mercado global ofrece múltiples soluciones software que respaldan los procesos de Gestión de Servicios de TI, de manera que se hace indispensable realizar un análisis previo para elegir una herramienta software que se ajuste a las necesidades de la organización. Para esto se toma como referencia el trabajo titulado: “Método para Seleccionar Software de Gestión de Cambios y Gestión de Incidencias de ITIL”. Este trabajo propone 4 fases para la selección de una herramienta ITSM [22].

#### Identificar el área y objetivos de estudio

**Tabla 4.** Área y objetivos de estudio para la selección de la herramienta ITSM

	<b>Descripción</b>
<b>Área</b>	Gestión de servicios de TI - ITSM
<b>Subárea</b>	Gestión de Solicitudes e incidentes
<b>Tema de interés</b>	Soporte técnico de los servicios de TI
<b>Objetivos del estudio</b>	Identificar herramientas de software libre “más utilizadas” en el marco de ITSM
	Seleccionar y adaptar una herramienta software que sea compatible con ITIL y soporte los procesos de Gestión de Solicitudes e Incidentes.
<b>Resultados</b>	Comparación de las herramientas ITSM
	Elección de una herramienta ITSM

#### Establecer los criterios de selección

En esta fase se identificaron los criterios para evaluar las herramientas ITSM, tomando como base las necesidades de la División de las TIC y las mejores prácticas de ITIL. Los criterios seleccionados se agruparon de acuerdo con características de calidad de software relacionadas con la funcionalidad, usabilidad, mantenibilidad y portabilidad, mencionadas en la norma ISO 9126 [26]. Esta propuesta se llevó a los grupos de trabajo que tienen a su cargo la operación y

mantenimiento de la herramienta, y se ajustaron con ayuda de la retroalimentación obtenida, como se muestra en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Criterios para la selección de la herramienta ITSM

Atributo	PREGUNTAS	CRITERIO
<b>Funcionalidad</b>		
<b>Conformidad</b>	¿La herramienta se basa en las mejores prácticas especificadas en el marco de referencia ITIL?	Compatibilidad con ITIL
<b>Adecuación</b>	¿Soporta el proceso de manejo y resolución de incidentes?	Detección
		Registro
		Clasificación
		Escalamiento
		Investigación y diagnóstico
		Resolución y restauración
		Cierre
		Encuesta de satisfacción
		Interfaz con catálogo de servicios
		Interfaz con gestión de solicitudes
	Métricas e indicadores	
	¿Soporta el proceso de gestión de solicitudes?	Recepción
		Registro
		Categorización
		Aprobación
		Revisión
		Escalamiento
		Cumplimiento
		Cierre
		Encuesta de satisfacción
Interfaz con Gestión de Incidentes		
¿Soporta el catálogo de servicios?	Definición y ajuste del Catálogo de Servicios	
	Definición de Niveles de Servicio	
	Mantenimiento y actualización del catálogo	
¿Soporta procesos de ITSM y características que la organización planea implementar en trabajos futuros?	Gestión de niveles de servicio	
	Gestión de problemas	
	Gestión de cambios	
	Gestión de activos de TI	
	Gestión de la configuración	
	Estadísticas y reportes	

		Base de conocimiento y preguntas frecuentes
<b>Seguridad</b>	¿Maneja diferentes niveles de acceso para cada grupo de usuarios?	Múltiples niveles de acceso para clientes y usuarios Autenticación por medio de LDAP
<b>Requisitos técnicos</b>	¿Permite la implementación en un entorno LAMP?	Tecnologías (PHP, HTML, MySQL)
	¿La interfaz de usuario se muestra en diferentes idiomas?	Multilinguaje
<b>Usabilidad</b>		
<b>Entendimiento</b>	¿Cuenta con manuales de uso?	Documentación
	¿Cuenta con apoyo activo de la comunidad?	Comunidad
<b>Operabilidad</b>	La manera como el SW permite al usuario operarlo y controlarlo	Flujos de trabajo
<b>Atracción</b>	¿Cuenta con interfaz agradable al usuario?	Interfaz de usuario amigable
<b>Mantenibilidad</b>		
<b>Capacidad de modificación</b>	¿Permite implementar modificaciones? codificación, diseño, documentación de cambios	Personalización de la interfaz de usuario (campos en pantalla, tablas, report forms)
<b>Facilidad de prueba</b>	¿Permite realizar pruebas a modificaciones sin poner en riesgo los datos?	Pruebas
<b>Portabilidad</b>		
<b>Adaptabilidad</b>	¿La herramienta se adapta a diferentes sistemas operativos?	Soporte para diferentes Sistemas Operativos
<b>Facilidad de instalación</b>	¿es fácil de instalar en el ambiente especificado?	Facilidad de instalación

#### Identificación de las herramientas a evaluar

Con los criterios identificados en la fase 3, se realizó una tabla comparativa y se evaluó el grado de cumplimiento de cada herramienta utilizando 3 niveles: alto, medio y bajo. A modo de resumen, en el Tabla 6 se muestra el resultado del análisis para cada agrupación de características.

#### Análisis comparativo y elección de la herramienta

Con los criterios identificados en la fase 3, se realizó una tabla comparativa y se evaluó el grado de cumplimiento de cada herramienta utilizando 3 niveles: alto, medio y bajo. A modo de resumen, en el Tabla 6 se muestra el resultado del análisis para cada agrupación de características.

**Tabla 6.** Comparación de las herramientas ITSM

Atributos	iTop Community v2.7.1	OTRS 6 Community	GLPI v9.4.5	OS Ticket v1.14	Ideal
Funcionalidad					
<b>Conformidad</b>	Alto	Alto	Medio	Bajo	Alto

<b>Adecuación</b>	Medio	Alto	Alto	Bajo	Alto
<b>Seguridad</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Requisitos técnicos</b>	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Usabilidad					
<b>Entendimiento</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Operabilidad</b>	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto
<b>Atracción</b>	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto
Mantenibilidad					
<b>Capacidad de modificación</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Facilidad de prueba</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Portabilidad					
<b>Adaptabilidad</b>	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
<b>Facilidad de instalación</b>	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto

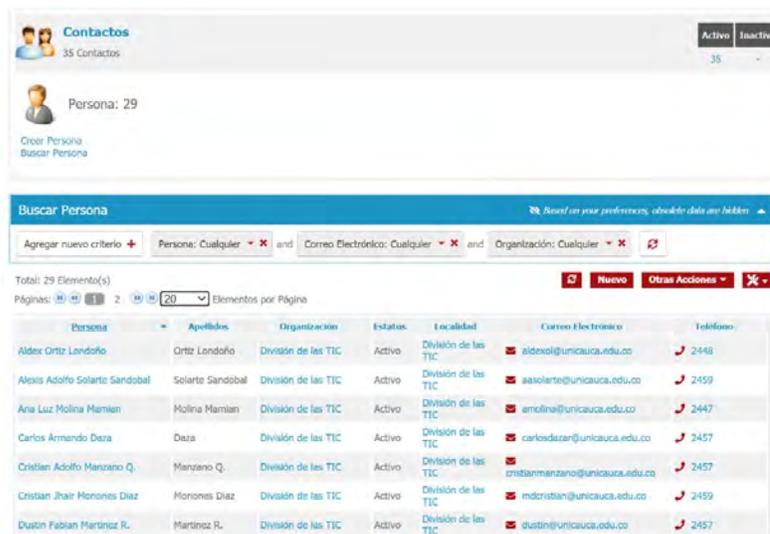
A partir de los resultados obtenidos se encuentra que la herramienta que mejor se adapta a las necesidades de la División de las TIC y el alcance del trabajo de grado, es iTop Community versión 2.7.1.

• **Integración de los procesos en la herramienta iTop**

A partir de la documentación disponible en la página oficial se identificó la estrategia para integrar los procesos objeto de estudio. iTop define un modelo de datos para su configuración, conformado por tres módulos: Gestión de la Configuración, Gestión de Servicios y Ticketing [24].

**Módulo de Gestión de la Configuración**

Aquí se configuran las organizaciones y personas que se relacionan con la gestión de servicios de TI. Para el contexto organizacional se parametrizaron los cinco grupos de trabajo de la División de las TIC, y se crea una persona de prueba que hace parte de la universidad y representa al consumidor de servicios. En la **Fig. 8** se muestra una vista de las personas creadas.



**Fig. 8.** Vista de las personas creadas en iTop

Para que las personas creadas tengan acceso a la herramienta es necesario asociarlas a una cuenta de usuario. En esta cuenta se definen las credenciales, así como el perfil, que especifica el nivel de acceso permitido en la herramienta. Existen 14 perfiles definidos en iTop, de los cuales se eligieron 5 que se relacionan con la Gestión de Solicitudes e Incidentes en la herramienta. Estos a su vez se asociaron con los roles dentro de la División de las TIC, tal como se presentan en la **Tabla 7**.

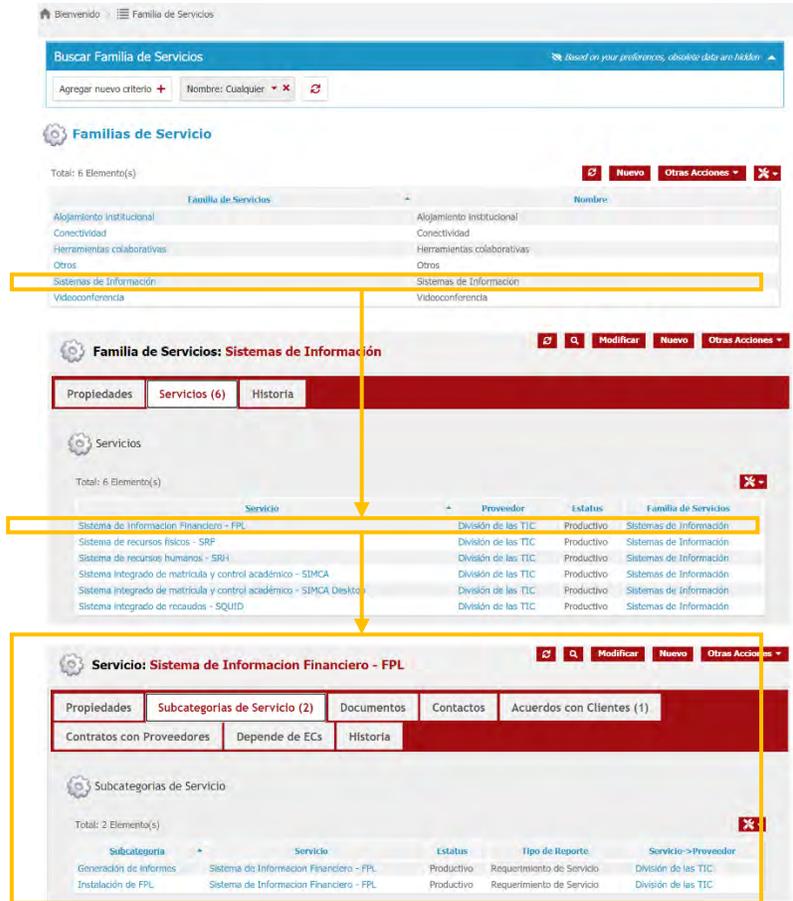
**Tabla 7.** Perfiles creados en iTop

<b>Perfil en iTop</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rol en la organización</b>
Usuario portal	Crear incidentes, solicitudes, y consultar preguntas frecuentes. Accede al portal de usuario.	Consumidor de servicios (Universidad del Cauca)
Administrador	Administrar la herramienta. Accede al portal de soporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coordinador de Mesa de ayuda</li> <li>○ Coordinador SSI</li> </ul>
Agente de Service Desk	Gestionar los incidentes y solicitudes. Accede al portal de soporte.	Agente de Mesa de ayuda
Agente de Soporte	Acceder a información sobre los incidentes y solicitudes asignadas. Registrar las acciones realizadas y la documentación utilizada o generada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ingenieros de soporte</li> <li>○ Agente de soporte</li> <li>○ Desarrollador</li> <li>○ DBA</li> </ul>

**Módulo de Gestión de Servicios**

En este módulo se definen todas las piezas del catálogo de servicios. Aquí se parametrizan los servicios, niveles de servicio, contratos entre proveedores y clientes, y modelos de entrega [23]. De esta manera se crean los servicios que van a ser gestionados en la herramienta. A su vez, los procesos relacionados con solicitudes e incidentes consumen información de este módulo.

En la **Fig. 9** se presenta el ejemplo para el servicio de FPL que pertenece a la familia de servicios de Sistemas de Información.



**Fig. 9.** Vista de la familia de servicios: Sistemas de Información en iTop

### Módulo de Ticketing

La herramienta iTop cuenta con un ciclo de vida integrado para realizar la Gestión de Solicitudes e Incidentes, a través de una interfaz de usuario y una interfaz de soporte. El funcionamiento del ciclo de vida se habilita a partir de la parametrización de la información en los dos módulos previos. Para ambos procesos el ciclo de vida aborda las actividades de registro, escalamiento, resolución y cierre en un nivel básico [25].

El ciclo de vida fue complementado a través de 12 extensiones disponibles para iTop, de las cuales 4 fueron instaladas y ejecutadas. Los 8 restantes se instalaron y configuraron para añadir nuevas funcionalidades.

A continuación, se presenta, a modo de ejemplo 2 actividades de los procesos de incidentes y solicitudes, vistas desde iTop. La primera es el formulario que permite hacer el registro y categorización de las solicitudes desde el portal de usuario. La segunda expone la trazabilidad de la solicitud, a través de las notificaciones que se realizan al usuario.

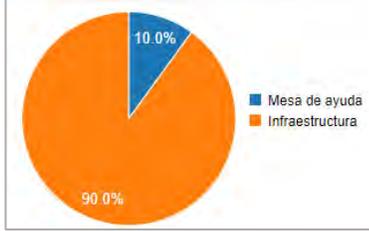
**Fig. 10.** Formulario de registro en iTop



**Fig. 11.** Notificaciones por correo al usuario

Una vez que se logra la integración de las 3 prácticas en iTop, es posible visualizar cómo los Indicadores Clave de Desempeño definidos. En la **Tabla 8** se muestra un ejemplo para el proceso de cumplimiento de solicitudes.

**Tabla 8.** Ejemplo de monitoreo de KPI en iTop

PSF	CSF	KPI
Cumplimiento eficiente y oportuno, en línea con los niveles de servicio definidos para cada tipo de solicitud.	Aumentar el porcentaje de solicitudes cumplidas en primer nivel.	Porcentaje de solicitudes cerradas en primer punto de contacto. 

La adaptación de la herramienta al contexto organizacional permite que los procesos se integren a nivel operativo, así como a nivel estratégico a través de la recolección de los datos que permiten la construcción de reportes.

## 5. Conclusiones

En este capítulo se presentan las conclusiones resultado de la realización del presente trabajo de grado, y los trabajos futuros identificados.

- Fue posible adaptar ITIL al contexto de una Institución de Educación Superior debido a la relación entre su estructura organizacional y procesos con ITIL.
- Es más fácil adaptar ITIL si la organización cuenta con una estructura formal, aprobada y documentada de todos los procesos y procedimientos que se llevan a cabo.
- La evaluación de la situación actual de los procesos de ITIL permite trazar un camino de adaptación. De esta manera la organización identifica claramente los recursos disponibles, procedimientos y roles existentes, así como las oportunidades de mejora para cada aspecto evaluado.
- Para realizar el levantamiento de la información relacionada con la situación actual y el catálogo de servicios, fue necesario contar con la colaboración y el involucramiento de las partes interesadas.
- A través de la caracterización del catálogo de servicios, la División de las TIC cuenta ahora con una documentación actualizada de los servicios de TI que presta a la comunidad universitaria. Incluyendo información necesaria, relacionada con descripción de los servicios, posibles solicitudes, alcance, tiempos de respuesta y políticas.
- Se construyeron y documentaron tres procesos diferentes para abordar el propósito de cada una de las prácticas objeto de estudio, ya que no se contaba con este tipo de documentación en la División de las TIC.
- Los KPI fueron depurados con base en los objetivos de la División de las TIC. Estos abordaron aspectos relevantes para el equipo de TI, tales como cumplimiento oportuno de solicitudes e incidentes, satisfacción del usuario y calidad en los servicios de TI.
- La herramienta iTop destaca sobre GLPI, OTRS y OS Ticket ya que es compatible con ITIL, cuenta con una interfaz de usuario amigable y ofrece balance entre la configuración y

personalización.

- A través de los procesos adaptados en iTop es posible hacer seguimiento de los indicadores clave de desempeño definidos. Esto a su vez permite a la organización identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones.
- Uno de los retos al momento de adaptar un marco de referencia como ITIL, es la consolidación de la información recolectada a través de diferentes fuentes (documentación, entrevistas, grupo focal y herramienta software), debido a su carácter cualitativo en mayor medida.
- Otro reto es la interacción y comunicación con las partes interesadas, ya que cada persona cuenta con diferentes perspectivas dependiendo de su rol en la organización, a lo que se suma la variación en la disponibilidad de tiempo para realizar las entrevistas, grupos focales o reuniones de socialización.
- La tecnología puede ser una aliada para cualquier organización, pero para esto debe tener un enfoque en el cliente y en el valor que pretende generar. Además, debe ir de la mano con la estrategia, cultura y realidad organizacional.

Adicionalmente, durante la ejecución del presente trabajo de grado se identificaron algunas recomendaciones, las cuales se presentan a continuación.

- Es necesario establecer un plan para adaptar ITIL, que responda a la estrategia y necesidades particulares de cada organización. Esto implica definir un alcance específico, resultados esperados y una estrategia de adaptación.
- Cada organización debe elegir los pasos para caracterizar el catálogo de servicios dependiendo del nivel de madurez que posea.
- La información que se obtiene en documentos (como procedimientos o formatos) debe ser contrastada con entrevistas, grupos focales u otros recursos, para poder captar la realidad de la organización a través de la comunicación con las personas que hacen parte de esta.
- Existen muchas herramientas de gestión de servicios de TI, por esta razón cada organización debe determinar cuál se ajusta mejor a sus necesidades.
- Antes de adaptar una herramienta ITSM es necesario conocer el contexto organizacional y definir los procesos que se van a implementar.
- La adaptación de los procesos de ITIL debe respaldarse con el involucramiento del equipo de TI y, con el uso y mantenimiento de la herramienta para la gestión de servicios de TI.
- Para mantener al equipo de TI en una cultura de gestión de servicios, es importante realizar capacitaciones en lo relacionado a ITIL. De igual manera, se deben socializar las iniciativas que se ejecutan o pretenden ejecutar en lo relacionado al marco de referencia, incluyendo asignación de roles y funciones.
- Para conocer el progreso de la División de las TIC en lo relacionado al marco de referencia ITIL es necesario dar continuidad a la adaptación realizada y evaluar nuevamente la situación actual después de un tiempo de ejecución.

## **Agradecimientos**

Este artículo se obtiene a partir del trabajo de grado titulado “Adaptación de procesos del marco de referencia ITIL a la gestión del soporte técnico de los servicios de TI en la División de las TIC de la Universidad del Cauca”, 2021.

Los autores desean expresar su agradecimiento al Msc. Oscar J. Calderón C. por la dirección del trabajo de grado.

## Referencias

- 1 S. Mann, “ITIL Alternatives: Why is There so Little Uptake of ITSM Industry Frameworks?”, Freshservice, 2016. [En línea]. Disponible: <https://freshservice.com/itil/itil-is-not-all-there-is-blog/>
- 2 G. A. Quintero, “Implementación de procedimientos ITIL v3.0 en la gestión de TI de la Universidad del Valle”, 2011. [En línea]. Disponible: <https://documentos.redclara.net/bitstream/10786/838/1/Implementaci%C3%B3n%20de%20procedimientos%20ITIL%20v3.0%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20TI%20de%20la%20Universidad%20del%20Valle.pdf>
- 3 AXELOS, ITIL foundation: ITIL, 4ª ed. London: The Stationery Office - TSO, 2019.
- 4 Pink Elephant. “ITIL vs otros marcos de trabajo”. [En línea]. Disponible: <https://pinkelephant-latam.com/informacion/ITIL-VS-OTRO-MARCOS.pdf>, Consultado en: enero 20, 2020.
- 5 L. Velasco “Diseño de un modelo para la administración y gestión de servicios ti de la red de investigaciones de tecnología avanzada RITA de la universidad distrital Francisco José de Caldas”, 2017. [En línea]. Disponible: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6434/VelascoD%EDazLuisGuillermo2017.pdf;jsessionid=4FE821A56C0159E631ED06A0C1BEE05B?sequence=6>, Consultado en: marzo 05, 2020.
- 6 G. B. C. Office y S. Office, ITIL service operation. 2ª ed. London: The Stationery Office - TSO, 2011.
- 7 G. B. C. Office y S. Office, ITIL service strategy. 2ª ed. London: The Stationery Office - TSO, 2011.
- 8 Gobierno Digital. “Catálogo de servicios - YouTube”. [En línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=Th0IdfXJN7E>, Consultado en: noviembre 10, 2020.
- 9 Universidad del Cauca. “Acreditación Institucional | Coordinación de Evaluación y Calidad”. [En línea]. Disponible: <http://talos.unicauca.edu.co/acreditacion/acreditaci%C3%B3n-institucional>, Consultado en: enero 25, 2020.
- 10 Universidad del Cauca. “Gestión de la calidad administrativa | Programa Lvmen”. Consultado el 25 de enero de 2020. [En línea]. Disponible: <http://www.unicauca.edu.co/prlvmen/actualidad/gesti%C3%B3n-de-la-calidad-administrativa>
- 11 División de las TIC. “Documento Calidad División de las TIC”. Popayán-Cauca, 2018.
- 12 Universidad del Cauca. “Mapa de Procesos de la Universidad del Cauca”. [En línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=ULq5W-HSLDg>, Consultado en: agosto 12, 2020.
- 13 Universidad del Cauca. “Descripción de la plataforma | Programa Lvmen”. [En línea]. Disponible: <http://unicauca.edu.co/prlvmen/descripci%C3%B3n-de-la-plataforma>, Consultado en: enero 25, 2020.
- 14 División de las TIC. “Gestión de Recursos Tecnológicos» Nuestro Sub Proceso”. [En línea]. Disponible: <http://ublogs.unicauca.edu.co/sgc-tics/category/nuestro-proceso/>, Consultado en: enero 26, 2020.
- 15 Universidad del Cauca. “Gestión de recursos tecnológicos | Programa Lvmen”. [En línea]. Disponible: <http://unicauca.edu.co/prlvmen/subprocesos/gesti%C3%B3n-de-recursos-tecnol%C3%B3gicos>, Consultado en: enero 25, 2020.

- 16 G. B. C. Office y S. Office, ITIL service design. 2ª ed. London: The Stationery Office - TSO, 2011.
- 17 Axelos, “Service catalogue management ITIL 4 Practice Guide”, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.axelos.com/>
- 18 Axelos, “Incident management ITIL 4 Practice Guide”, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.axelos.com/>
- 19 Axelos, “Service request management ITIL 4 Practice Guide”, 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.axelos.com/>
- 20 MinTIC, “Cómo construir un Catálogo de Servicios de T.I”, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-article-47504.html>
- 21 D. Ibáñez, “Guía para la implantación de ITIL en el Departamento de Soporte y Operaciones de una PYME”, 2012. [En línea]. Disponible: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16740/PFC\\_Daniel\\_Hernando\\_Ibanez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16740/PFC_Daniel_Hernando_Ibanez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 22 S. Bayona, J. I Evangelista, y D. I Uquiche, “Método para Seleccionar Software de Gestión de Cambios y Gestión de Incidencias de ITIL. (Spanish)”, CISTI (Iberian Conference on Information Systems & Technologies / Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) Proceedings, vol. 1, pp. 604–609, ene. 2015.
- 23 “Service Management (services, SLAs, contracts) Module [iTop Documentation]”. [https://www.itophub.io/wiki/page?id=2\\_7\\_0%3Adatamodel%3Aitop-service-mgmt](https://www.itophub.io/wiki/page?id=2_7_0%3Adatamodel%3Aitop-service-mgmt) (consultado mar. 24, 2021).
- 24 “iTop Data Model Documentation [iTop Documentation]”. [https://www.itophub.io/wiki/page?id=2\\_7\\_0%3Adatamodel%3Astart](https://www.itophub.io/wiki/page?id=2_7_0%3Adatamodel%3Astart) (consultado mar. 24, 2021).
- 25 “User request management (Service Desk) Module”. [https://www.itophub.io/wiki/page?id=2\\_7\\_0%3Adatamodel%3Aitop-request-mgmt](https://www.itophub.io/wiki/page?id=2_7_0%3Adatamodel%3Aitop-request-mgmt) (consultado mar. 24, 2021).
- 26 “Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO-9126”. [http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/0053L864e\\_anexo.pdf](http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoyanexos/0053L864e_anexo.pdf) (consultado mar. 24, 2021).

## **Capítulo 4**

### **TICAL: Soluciones que apoyen y fomenten el trabajo colaborativo interinstitucional**



## Universidades Compran: el resultado de 10 años de trabajo colaborativo con las instituciones universitarias argentinas

Guillermo Diorio, Matías Deganis, Pablo Boyko,

Sistema de Información Universitaria (SIU), Consejo Interuniversitario Nacional (CIN),

Ecuador 871, Piso 3, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina  
[gdiorio@siu.edu.ar](mailto:gdiorio@siu.edu.ar), [mdeganis@siu.edu.ar](mailto:mdeganis@siu.edu.ar), [pboyko@siu.edu.ar](mailto:pboyko@siu.edu.ar)

### Resumen

El objeto del presente trabajo es describir la transformación digital en los procesos de compras en las Universidades Nacionales Públicas de la República Argentina desde el año 2010 a la actualidad.

Es una síntesis del resultado de 10 años de trabajo colaborativo, llevados a cabo para lograr la transformación digital de los procesos de compras y contrataciones mediante la implementación del sistema de compras, contrataciones y patrimonio SIU-Diaguita, el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguita, la App Licitaciones SIU-Diaguita, y por último como resultado final el Portal Universidades Compran.

En el mismo se destacan cuáles han sido las mejoras que se obtuvieron al sistematizar dicho proceso, como así también cuáles fueron los obstáculos para su implementación.

Dicha transformación digital se abordará no sólo desde un punto de vista tecnológico, sino también desde el cambio cultural en los recursos humanos promovido por las comunidades de práctica.

**Palabras Clave:** Portal de compras públicas, procesos de compras, trabajo colaborativo, sistemas de información, comunidades de práctica, cambio cultural, gobierno abierto, transparencia, transformación digital.

### Eje temático:

Soluciones que apoyen y fomenten el trabajo colaborativo interinstitucional (Federaciones, interoperabilidad).

Desarrollos rápidos y flexibles para adaptarse a un entorno cambiante.

## Introducción

El objetivo del presente trabajo es compartir la experiencia desarrollada a partir de la integración de tecnologías digitales en los procedimientos de compras de bienes y servicios en las instituciones universitarias de la República Argentina. Esta experiencia se apoya en los 25 años de existencia del *Sistema de Información Universitaria* (SIU) y sus comunidades de práctica, y se profundiza en los últimos 10 años con las transformaciones ocurridas al interior de las áreas de compras y contrataciones de estas instituciones.

El Sistema de Información Universitaria, creado en el año 1996, forma parte desde septiembre de 2013 del Consejo Interuniversitario Nacional (CIN), organismo público de coordinación, consulta y propuesta de políticas y estrategias de desarrollo universitario que nuclea a las instituciones universitarias nacionales y a las provinciales reconocidas por la Nación.<sup>10</sup>

El SIU ofrece hoy un Ecosistema de soluciones para la administración digital de las distintas áreas de las instituciones que componen el sistema universitario nacional y de otros organismos. Esto es el resultado de muchos años de trabajo orientado hacia la integración de los distintos módulos de gestión y la implementación de herramientas transversales que permitieran ese proceso, y que busca avanzar hacia la total transformación digital de las instituciones.

Una de esas soluciones informáticas es SIU-Diaguita, un módulo web que se utiliza para gestionar los procesos de compras y contrataciones, y administrar el patrimonio en las instituciones universitarias. Además de brindar diferentes prestaciones a los usuarios, una app de licitaciones y la integración con otros módulos, pone a disposición un portal de compras públicas donde cada institución difunde sus convocatorias públicas ofreciendo a sus proveedores información confiable y transparente.

En noviembre del año 2020 dimos un paso más con el desarrollo del *Portal Universidades Compran*, una plataforma que consolida la información existente en aquellas instituciones que utilizan el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguita.<sup>11</sup> Otro eslabón más dentro de esta cadena de trabajo colaborativo de la comunidad de usuarios SIU.

## Problemática y contexto

Con anterioridad al año 2010 *no existía una solución propia del sistema universitario para gestionar las compras y contrataciones*. Algunas instituciones utilizaban software de desarrollo propio, mientras que en otros casos la gestión era totalmente manual, llevándose la registración a través de libros, actas o documentos realizados en procesadores de texto y planillas de cálculo.

Asimismo, la difusión pública de los procedimientos de compras y contrataciones se realizaba en carteleras de las oficinas de Compras, y en el Boletín Oficial y otros medios. Y si existía un espacio en un sitio web, se debía cargar manualmente toda la

---

<sup>10</sup> Estatuto del Consejo Interuniversitario Nacional, <https://www.cin.edu.ar/descargas/estatuto.pdf>

<sup>11</sup> Acceso al Portal, <https://universidadescompran.cin.edu.ar/>

información a publicar, dependiendo muchas veces de otras áreas como Prensa o Informática. Esta situación generaba en varias oportunidades que no se presentaran gran cantidad de ofertas, o incluso que algunos procedimientos quedaran desiertos ya que la información llegaba generalmente a proveedores de la zona y el precio de las ofertas que cotizaban no siempre terminaban siendo los más económicos.

Aparece entonces la necesidad de contar con un sistema que integre todas estas gestiones y provea información segura y confiable. Así surgió SIU-Diaguita. El desarrollo de este nuevo módulo generó un gran desafío para todo el equipo SIU ya que se debía comenzar desde cero. No había un equipo de desarrollo armado y era necesario comenzar a construir una comunidad de usuarios que aporten experiencias, colaboren en el análisis de las necesidades y realicen pruebas para definir hacia dónde debía ir el sistema.

Luego de varias versiones y testeos, llegó la primera implementación. El 1 de septiembre de 2010 se realizó la primera implementación del sistema SIU-Diaguita en la *Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA)*.

En sus inicios, este módulo contaba con un gran abanico de funcionalidades, entre las que destacaba un portal básico de publicaciones denominado “*Convocatorias Publicadas*”. Este permitía que el usuario de Compras pudiera gestionar las Convocatorias (Pliegos), y que se publiquen en línea automáticamente los procedimientos sin una doble carga por parte del usuario.

Tipo procedimiento	Número	Objeto contratación	Oficina contratación	Expediente	Inicio	Finalización	Estado	Pliego	Planilla de Cotización	Circulares	Nro Adjudicación	Anexo	Condiciones particulares
Licitación Pública	LPU 2/2016	Adquisición del rubro Librería, Papelería y Utiles Oficina.	Oficina contratación central	EXP-38/2016	10/10/2016	31/10/2016 10:00	En adjudicación	Consultar			CIA.1	AAD-2/2016	
Contratación Directa por Computa Abreviada	CDC 1/2016	Adquisición de carne.	Oficina contratación central	EXP-25/2016	30/05/2016	08/08/2016 10:00	En adjudicación	Consultar					
Licitación Pública	LPU 1/2016	Adquisición de equipos e insumos informáticos	Oficina contratación central	EXP-59/2016	28/07/2016	05/08/2016 12:00	En adjudicación	Consultar				AAD-1/2016	Consultar
Contratación Directa	CDI 1/2015	Provisión y colocación de cortinas.	Oficina contratación central	EXP-35/2015	05/09/2015	11/09/2015 10:00	En adjudicación	Consultar				AAD-2/2015	
Licitación Pública	LPU 2/2015	Adquisición del rubro Librería, Papelería y Utiles Oficina.	Oficina contratación central	EXP-35/2015	28/08/2015	03/09/2015 12:00	En acto de apertura	Consultar					
Licitación Pública	LPU 1/2015	Adquisición de equipos e insumos informáticos	Oficina contratación central	EXP-25/2015	10/09/2015	14/09/2015 12:00	En adjudicación	Consultar				AAD-1/2015	Consultar

**Imagen 1.** Primera versión del Portal “Convocatorias Publicadas”.

A medida que las universidades fueron implementando el sistema también comenzaron a utilizar esta funcionalidad, algunas agregando un enlace al mismo dentro de sus páginas web, o bien generando un sitio exclusivo.

En 2013, la *Universidad Nacional de Córdoba (UNC)* y la *Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER)* decidieron comenzar a utilizar el portal como herramienta para transparentar aún más sus compras y contrataciones. En el año 2016 creció exponencialmente el interés sobre el mismo, por lo cual se decidió realizar una reingeniería sobre el antiguo portal. A partir del trabajo colaborativo con la comunidad de usuarios, se mejoró el diseño y usabilidad del portal y en abril del 2017 se realizó el lanzamiento del nuevo portal con dicha reingeniería.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

### Convocatorias publicadas

Acceda a las convocatorias desde un teléfono celular



Haga click en el código QR y escaneelo desde la aplicación



➤ BÚSQUEDA AVANZADA

Nro.	Tipo de procedimiento	Objeto	Inicio	Fin		
<a href="#">CDC 116/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	Adquisición de equipos informáticos para ser instalados en el Área Centralizada de Actividades Prácticas, en el Área Central y para ser destinados a las actividades prácticas de la Facultad de Ciencias Químicas	02/05/2018	14/05/2018 10:00		
<a href="#">TSI 118/2018</a>	Trámite Simplificado	ADQ. DE ALIMENTOS: ALMACEN, CARNES Y VERDURAS PARA 3 MESES APROX.	07/05/2018	14/05/2018 12:00		
<a href="#">CDC 128/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	Provisión, traslado, instalación, puesto en marcha y posterior desmontaje del equipamiento y mobiliarios para la Conferencia Regional de Educación Superior (CRES) a desarrollarse desde el 11 al 14 de junio de 2018	18/05/2018	18/05/2018 12:00		
<a href="#">CDC 122/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	SEGUNDO LLAMADO A CONTRATACION DIRECTA MEDIANTE COMPULSA ABREVIADA PARA LA COMPRA DE EQUIPOS INFORMATICOS Y AUDIOVISUALES	09/05/2018	18/05/2018 11:00		
<a href="#">CDC 127/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	*Contratación del sistema de sonido, iluminación, video y pantallas, circuito cerrado de TV y sistema de registro, en el marco de la Conferencia Regional de Educación Superior (CRES)	18/05/2018	18/05/2018 10:00		
<a href="#">CDC 133/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	PROVISION Y COLOCACION DE MOBILIARIO AULAS DE USOS COMUNES E	18/05/2018	18/05/2018 11:00		
<a href="#">CDC 134/2018</a>	Contratación Directa por Compulsa Abreviada	Contratación servicio de camilleros para el Hospital, por el plazo de 3 meses	11/05/2018	18/05/2018 11:00		
<a href="#">LPR 22/2018</a>	Licitación Privada	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE EQUIPOS PARA EL EDIFICIO CAMPUS VIRTUAL	21/05/2018	21/05/2018 10:00		

**Imagen 2.** Reingeniería Portal “Convocatorias Publicadas”.

La UNER fue la primera universidad en utilizarlo y presentó su experiencia en el Comité SIU-Diaguíta en el mes de junio del 2017. Esta presentación fue todo un éxito, varias universidades decidieron rápidamente seguir sus pasos y actualizar al nuevo portal. En paralelo a estos avances, el equipo interno de SIU-Diaguíta desarrolló y publicó la App “*Licitaciones SIU-Diaguíta*” en Google Play. Esta aplicación permite registrar diversas instituciones mediante un código QR y acceder a sus Portales de Compras públicas directamente desde una misma plataforma. Esto facilita a los usuarios interesados a mantener un seguimiento de las diversas instituciones y sus novedades con respecto a nuevas convocatorias publicadas de una manera rápida, efectiva y simple.<sup>12</sup>

Hasta ese momento ambas versiones del portal sólo permitían la publicación de la primera etapa, la convocatoria, que es el llamado a cotizar a proveedores (Pliego). Tanto autoridades como usuarios de compras expresaron la necesidad que el módulo permita publicar todo el proceso, desde la convocatoria hasta la orden de compra, para dar aún mayor difusión y transparencia al mismo. Es a partir de allí que se comenzó con el desarrollo de esta solicitud, y en marzo de 2018 se agrega el resto de las etapas: acto de apertura, informe técnico, dictamen de evaluación, adjudicación y orden de compra.

La Comunidad SIU-Diaguíta consideró que la nueva versión del portal ameritaba un cambio de nombre, se realizó una votación en el Foro de usuarios y finalmente se decidió el nuevo nombre: “*Portal de Compras Públicas*”.

<sup>12</sup> Acceso a la App en Google Play, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.siu.diaguita>

Nro.	Tipo de procedimiento	Objeto	Inicio	Fin
TSI1642021	Trámite Simplificado	Adquisición de lámparas de repuesto para proyectores RLC-092 Viewsonic PJ05155 para la Facultad de Ciencias de la Alimentación.	27/04/2021	06/05/2021 17:00
TSI1652021	Trámite Simplificado	CD07-11/2021 COMPRA DE SILLONES DE OFICINA	28/04/2021	06/05/2021 11:00
TSI1222021	Trámite Simplificado	ADQUISICION DE DE MATERIALES ELECTRICOS PARA MANTENIMIENTO DE LA FCA	04/05/2021	07/05/2021 10:30
TSI1282021	Trámite Simplificado	Adquisición de Electrodo - Proyecto AET - Área de salud deportiva para la Comunidad de Oro Verde - Dir. Celina Bratovich	04/05/2021	07/05/2021 11:00
TSI1742021	Trámite Simplificado	INSUMOS PARA EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DEL PREDIO SEDE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY.	04/05/2021	07/05/2021 11:00
TSI1712021	Trámite Simplificado	Adquisición de placas de policarbonato	03/05/2021	07/05/2021 11:00
TSI1782021	Trámite Simplificado	Adquisición de lámparas LED y eliminador de plaga ultrasonico para Rectorado y Anexo	05/05/2021	10/05/2021 10:00
TSI1812021	Trámite Simplificado	Adquisición de materiales de ferreteria destinados a la composura de la Oficina de la Secretaria de Extensión-	03/05/2021	10/05/2021 11:00
CD06-092021	Contratación Directa por Compuja Abreviada	ADQUISICIÓN DE ELEMENTOS DE PERFILERIA PARA EJECUCION DE SOBRETecho DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION	05/05/2021	11/05/2021 17:30

**Imagen 3.** Nuevo Portal “Portal de Compras Públicas”.

El Portal es una herramienta clave para lograr una mejor gestión, ya que permite una mayor difusión de los procesos de compras y una mayor participación de los proveedores. Lo cual trae aparejado una mayor cantidad de ofertas, y ofertas más convenientes con mejores precios para las instituciones universitarias.

También permite al proveedor descargar toda la documentación (pliegos, circulares, planillas de cotización y demás documentación) y realizar el seguimiento de los trámites en tiempo real. De esta forma, cualquier persona (proveedor, autoridad, vecino/a, periodista, etc.) puede visualizar sin la necesidad de tener usuario y contraseña en el Portal de cada Universidad la totalidad del trámite, desde el pliego hasta la orden de compra.

En los meses posteriores a la publicación de aquella nueva versión con la segunda etapa del nuevo portal, ya varias Universidades deciden publicar todo el proceso de compras y contrataciones. Entre ellas: Universidad Nacional de San Luis (UNSL), Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Universidad Nacional de Rosario (UNR), Universidad Nacional de José Clemente Paz (UNPaz).

A principios del año 2020 *más de 30 Universidades Nacionales utilizaban el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguíta* para la difusión y transparencia de sus procedimientos de compras y contrataciones. En marzo de ese año se declara la pandemia por COVID-19, y en Argentina se decreta el Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO) en todo el país, motivo por el cual muchos trabajadores y trabajadoras pasaron a trabajar de forma remota. Las instituciones educativas comenzaron poco a poco a dictar clases en forma virtual y el personal docente y nodocente a realizar sus tareas administrativas en forma remota.

En ese marco, las compras y contrataciones no fueron una excepción y también tuvieron que adaptarse a “la nueva realidad”. El Portal de Compras Públicas se continuó implementando hasta alcanzar el número de *34 implementaciones* de las 53 Universidades que usan el sistema SIU-Diaguíta. En este nuevo contexto de virtualidad, esta herramienta les permite a los proveedores poder hacer un seguimiento de sus trámites sin la necesidad de dirigirse presencialmente a las Universidades.

Acompañaron este proceso otras iniciativas como la implementación de BFA (Blockchain Federal Argentina) para las ofertas electrónicas, el Sistema Único

Documental SUDOCU desarrollado por la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) y el Portal del Proveedor desarrollado por el SIU.

Como resultado del trabajo colaborativo del SIU con las instituciones universitarias a través de sus comunidades de práctica, en este caso la Comunidad SIU-Diaguita, empieza a tomar fuerza la idea lograr aún una mayor difusión de los procedimientos de compras y contrataciones, para que cualquier proveedor de la Argentina pudiera cotizar ofertas a cualquier universidad, logrando mejores precios y mayor cantidad de ofertas para poder seleccionar la oferta más conveniente. Es así que surge un nuevo proyecto, el Portal “Universidades Compran”.

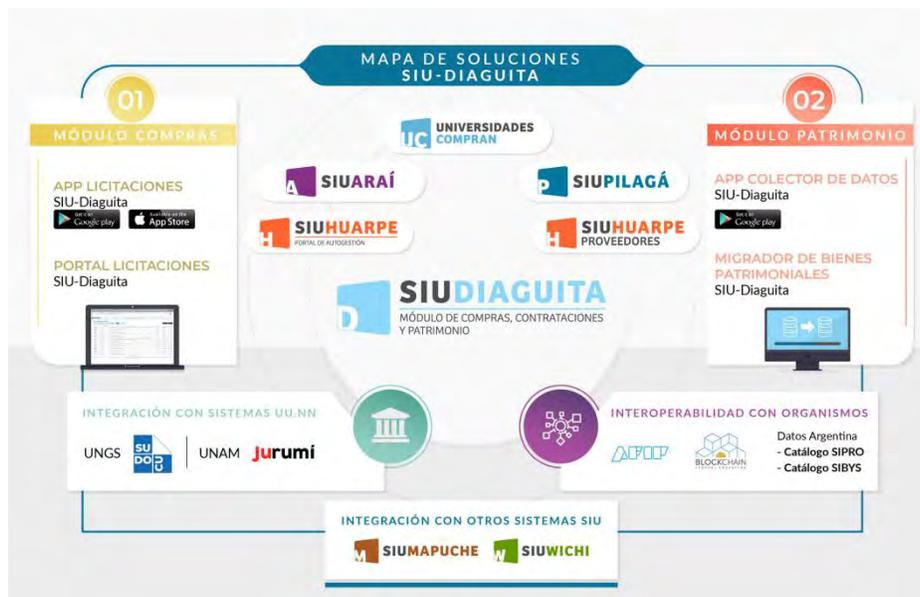


Gráfico 1. Mapa de soluciones SIU-Diaguita.

## Solución TIC implementada: Portal Universidades Compran

Luego de varios meses de desarrollo y aprobación en el Comité Ejecutivo y Plenario de Rectores del CIN, el 4 de noviembre de 2020 se pone en marcha el Portal Universidad Compran.<sup>13</sup>

El Portal Universidades Compran es una plataforma que consolida los procedimientos de compras de bienes y servicios vigentes en las Universidades Nacionales. Dicho portal no requiere de usuario y contraseña para su acceso, ya que permite que cualquier proveedor, autoridad, alumno/a y/o ciudadano/a pueda visualizar los bienes y servicios que las Universidades están requiriendo.

<sup>13</sup> Difusión en el sitio web del CIN, <https://www.cin.edu.ar/nuevo-portal-universidades-compran/>

Rubro	Universidad	Tipo de procedimiento	Objeto	Inicio	Fin
Todos	Todos	Todos			
Universidad	Nro	Tipo de procedimiento	Objeto	Inicio	Fin
UNAM	CDC 89/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	CONTRATACIÓN DIRECTA POR COMPULSA ABREVIADA RUBRO CORTES DE AVES PARA SERV...	27/04/2021	05/05/2021 16:00
UNAM	CDC 91/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	CONTRATACIÓN DIRECTA POR COMPULSA ABREVIADA RUBRO FRUTAS Y VERDURAS PARA ...	29/04/2021	05/05/2021 17:00
UNER	TSI 170/2021	Trámite Simplificada	ADQUISICION DE EQUIPO PC COMPLETO CON MONITOR	03/05/2021	06/05/2021 09:00
UNPA	CDC 110/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	UARG - Mano de obra por los trabajos de reconstrucción del alero y cenefa en sector F	30/04/2021	06/05/2021 09:00
UNNOBA	CDC 123/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	Contratación de reparaciones de techos de Edificios UNNOBA.	30/04/2021	06/05/2021 10:00
UNPA	CDC 109/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	UARG - Materiales de laboratorio ICASUR	30/04/2021	06/05/2021 10:00
UNAM	CDA 90/2021	Contratación Directa por Adjudicación Simple	Desarme, diagnóstico, reparación y provisión de repuestos para el Tractor New Holland propiedad...	30/04/2021	06/05/2021 10:00
UNR	CDC 585/2021	Contratación Directa por Compulsiva Abreviada	Contratación Directa para la adjudicación de equipamiento informático para la Facultad de Cienci...	30/04/2021	06/05/2021 10:00

**Imagen 4.** Portal Universidades Compras.

Este portal concentra la información existente en aquellas instituciones que utilizan el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguíta, mostrando los datos básicos de las licitaciones vigentes en las diferentes universidades, y en caso que se requiera más información de una licitación un vínculo lleva al usuario al portal propio de cada Universidad.

*Actualmente, forman parte de Universidades Compras 34 Universidades Nacionales.* Las siglas de las mismas están detalladas en el mismo Portal. Cada sigla está compuesta por un enlace que redirecciona a la sección principal del Portal de Compras Públicas de la Universidad en cuestión.

Además de acompañar la transformación digital de los procesos de Compras y Contrataciones en las instituciones universitarias del país en este contexto de pandemia, con el Portal se propone generar un nuevo espacio de difusión de información relacionada a los procedimientos de compras de estas instituciones, colaborando con la transparencia, legalidad y legitimidad de los procesos y la igualdad de condiciones de los interesados.

La mayor difusión de los procedimientos no sólo pretende ser hacia los proveedores, sino también hacia autoridades y la ciudadanía en general que podrán acceder a Universidades Compras tanto desde el propio sitio <https://universidadescompras.cin.edu.ar/> como así también desde el sitio web del CIN, <https://www.cin.edu.ar/>

**Funcionamiento.** Este portal toma en forma automatizada y en línea la información básica que se encuentra publicada en los Portales de Compras Públicas SIU-Diaguíta de las universidades que lo utilizan. Actualiza la información cada una hora. Se puede verificar la fecha y hora de la última actualización de datos desde el listado de procedimientos.

Los proveedores cuentan con los siguientes filtros para personalizar sus búsquedas: Rubro, Universidad, Tipo de Procedimiento y Objeto. También puede ordenar (ascendente o descendente) las siguientes columnas: Universidad, Nro., Tipo de procedimiento, Inicio y Fin. Para su preferencia de visualización el usuario puede

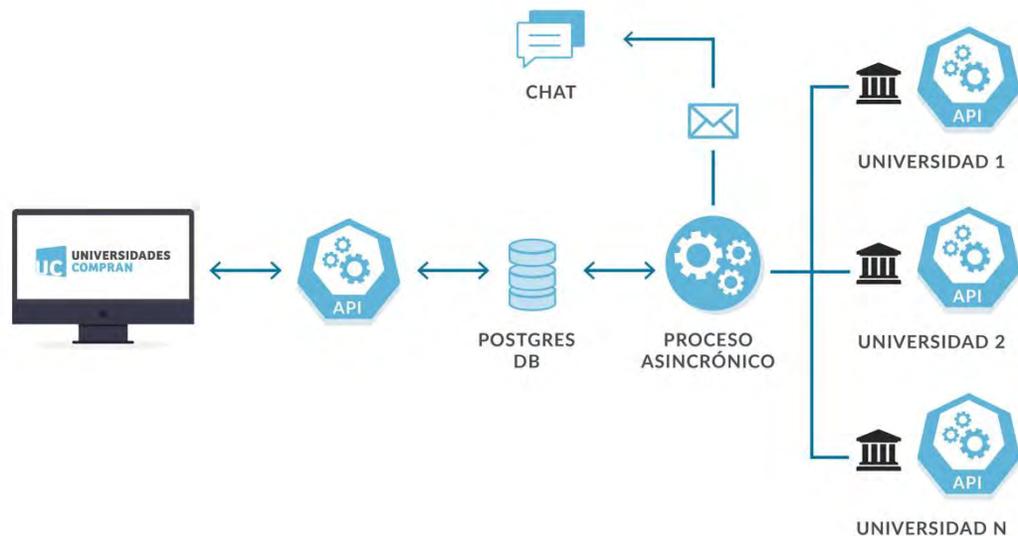
determinar la cantidad de trámites que quiere visualizar en pantalla: 10, 20, 30, 40 o 50. Como así también ir recorriendo y visualizando los mismos mediante la opción de paginado.

En el caso de querer obtener mayor detalle sobre un procedimiento de compras en particular, permite acceder al mismo a través de un enlace directo al Portal de la Universidad que la contenga.

El circuito de adhesión al portal es muy simple. Cualquier Universidad que utiliza el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguita es incorporada a Universidades Compran por el equipo interno SIU-Diaguita, sin la necesidad de un trabajo extra por parte del Equipo Técnico de la Universidad. Y sólo en algunos casos se requiere una mínima configuración de dicho personal técnico para poder ser luego incorporado.

**Aspectos Técnicos.** Universidades Compran (UC) está compuesto por un frontend desarrollado en React, una API PHP y un proceso asincrónico que recupera los procesos de compra de las Universidades.

A través de SIU-Diaguita, cada universidad posee un servicio REST que retorna los procesos de compra vigentes. Por lo tanto, el proceso asincrónico de UC se encarga de consultar cada REST para obtener los datos y mantenerlos temporalmente en una base de datos unificada. Son almacenados solamente los datos principales del proceso, y en cuanto el usuario accede al detalle de un proceso en particular es redirigido al Portal de la universidad donde reside la totalidad de los datos del proceso de compra.



**Gráfico 2.** Arquitectura de componentes Universidades Compran.

Este proceso asincrónico actualmente se ejecuta cada una hora, y en caso de existir un inconveniente al consultar el servicio REST de una universidad, los datos obtenidos anteriormente son eliminados para no presentar al usuario información que no pudo ser validada.

Luego de cada proceso de consulta de datos, se envía a través de un webhook el resumen de la actualización a una sala de Google chat donde se puede visualizar el resultado de la misma.

De esta forma, muy ágil y fácilmente se pueden visualizar aquellas universidades donde hubo algún inconveniente al consultar los datos, y en caso de mantenerse este problema se pueden tomar distintas medidas como, por ejemplo, ponerse en contacto con la universidad para reportar la situación y que puede ser abordada por el equipo técnico.



**Imagen 5.** Mensaje automático del proceso asincrónico.

## **Aspectos críticos que ayudaron a la implementación del Portal Universidades Compran**

Sin lugar a dudas, el aspecto crítico fue cómo lograr un mecanismo por el cual las instituciones universitarias adhirieran al Portal Universidades Compran de la forma más simple posible.

Los procesos existentes incluían que la máxima autoridad de cada institución envíe una nota firmada solicitando, por ejemplo, un módulo SIU. Pero para lograr impacto con el lanzamiento de esta nueva herramienta, y teniendo en cuenta la cantidad de instituciones que ya tenían sus Portales propios en línea, era necesario un procedimiento que apunte a incluirlas a todas de una forma más directa y ágil.

Fue así que se evaluó la posibilidad de presentar el proyecto Universidades Compran en el Comité Ejecutivo del CIN, órgano de gobierno integrado por las y los rectores que presiden las comisiones permanentes de este Consejo. Se logró la aprobación del proyecto y se decidió tratarlo en el Plenario de Rectoras y Rectores donde también fue aprobado.

Este tema que en un principio era un aspecto crítico, al aprobarse, resultó ser un aspecto fundamental en la implementación de Universidades Compran con la totalidad de las universidades desde su lanzamiento. El mismo día del lanzamiento, el 4 de noviembre de 2020, estaban incorporadas las 34 Universidades que usan el Portal de Compras Públicas SIU-Diaguaita, logrando una adhesión del 100%.

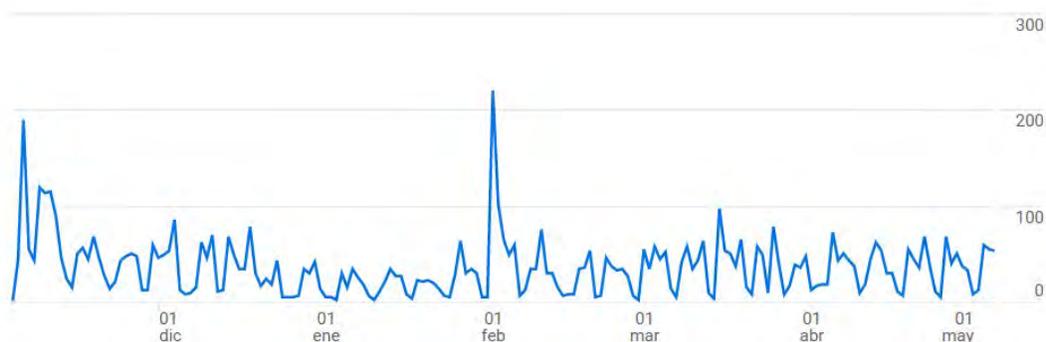
## Impactos y resultados obtenidos

Si bien tanto el CIN como el SIU dieron gran difusión del lanzamiento del Portal Universidades Compran, realmente fue clave la comunicación que comenzaron a realizar las mismas Universidades en sus diferentes canales como sitios web y redes sociales, como así también el mismo personal de compras a través de la comunicación interpersonal directa con los proveedores. Esto hizo que muchos medios masivos de comunicación publicaran noticias sobre este lanzamiento.<sup>14</sup>

Todas estas acciones, una vez más en el marco del trabajo colaborativo de la Comunidad SIU, potenció aún más las visitas de los proveedores a los sitios. Utilizamos la herramienta *Google Analytics* y confirmamos que día a día iba aumentando considerablemente la cantidad de visitas.

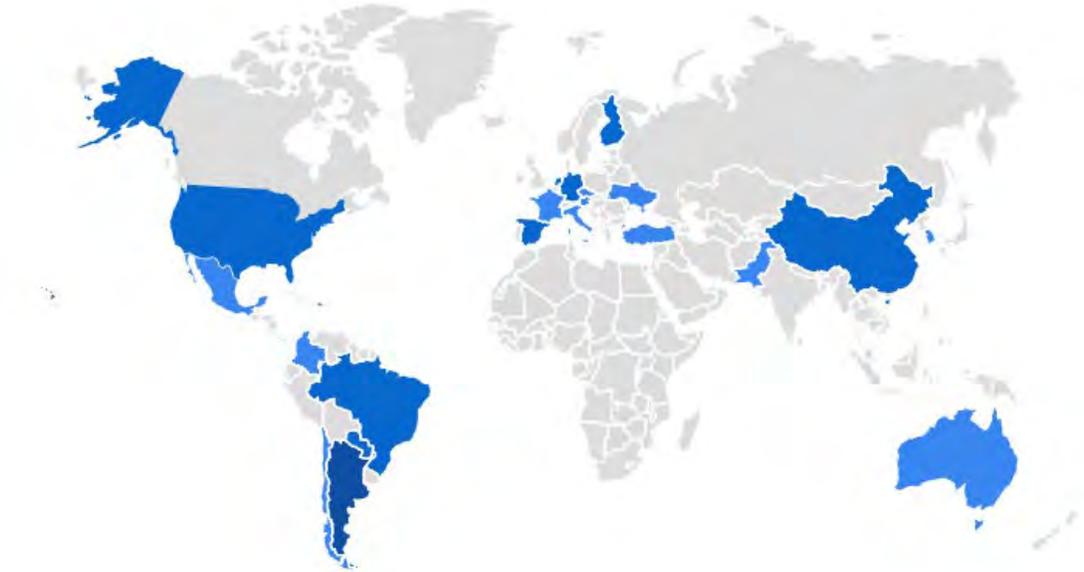
Visitas

6,5 mil



---

<sup>14</sup> Algunas noticias publicadas en medios masivos y universitarios, <https://www.perfil.com/noticias/educacion/las-universidades-nacionales-publican-sus-compras-en-linea.phtml>, <http://www.noticias.unsl.edu.ar/17/04/2018/implementan-al-100-transparencia-en-el-sistema-de-compras/>, <https://www.unr.edu.ar/noticia.php/11663/la-unr-mas-accesible-y-transparente>



**Imagen 6 y 7.** Número de visitas en Google analytics actualizado a mayo 2021.

A principios de diciembre del año 2020, en el marco del *Taller Anual SIU 2020* realizado bajo una modalidad virtual con más de 1600 asistentes y 92 instituciones participantes, se realizó la presentación de Universidades Compran con un gran impacto en la Comunidad SIU. A pesar de no haber pasado un mes desde su lanzamiento contamos con testimonios de trabajadores y trabajadoras de las áreas de Compras de las Universidades Nacionales quienes compartieron la experiencia y destacaron el impacto positivo que el nuevo producto ya estaba teniendo con los proveedores.

### **Aciertos y errores**

Consideramos que uno de los principales aciertos fue no pensar en la tecnología aisladamente de las personas, sino como un proyecto tecnológico-cultural. Donde no sólo se fueron realizando cambios tecnológicos en los portales para devenir como resultado en Universidades Compran, sino también se impulsó un cambio cultural.

Fuimos adaptando y confiando gradualmente en las herramientas de *gobierno abierto* que incorporamos para lograr la transformación digital de los procesos de compra. Y esta gradualidad fue clave. En ningún momento hubo resistencia por parte de nuestra comunidad de usuarios, sino por el contrario fueron grandes propulsores y actores principales de estos cambios.

### **Impactos no esperados**

Esta herramienta abrió el camino a nuevas funcionalidades de colaboración para las universidades que no estaban planificadas, tales como contar con un catálogo central de proveedores para consultar cuando una institución lo requiera, generar precios de referencia para diferentes bienes, compartir modelos de pliegos de compras, entre muchas otras.

## Conclusiones

Si bien en términos estrictamente técnicos podría afirmarse que *Universidades Compran* fue un proyecto cuya duración fue de 4 a 5 meses, en realidad *Universidades Compran es el resultado de 10 años de trabajo colaborativo con las instituciones universitarias argentinas*. Compartimos a continuación algunos puntos clave de este recorrido.

**Trabajo en red.** La modalidad de trabajo colaborativo en red que promovemos desde nuestros comienzos nos permitió obtener todos estos logros y fortalecer las comunidades de práctica para que a través del intercambio de experiencias y conocimiento y la integración, sean propulsoras de las transformaciones que necesita el Sistema Universitario en estos tiempos. Estamos convencidos que trabajar de manera conjunta con las instituciones nos permite entender la realidad de cada una de ellas y desarrollar herramientas informáticas que acompañen las políticas de Estado y colaboren en la mejora de la gestión.

**Calidad de los datos.** Esta experiencia no hubiera sido posible sin el trabajo que realiza el SIU desde hace muchos años para mejorar la calidad de la información. Esta apuesta a la mejora continua de la calidad de los datos que se registran en los sistemas permitió como resultado la publicación de información de calidad en los portales públicos de Compras y facilitó los procesos de toma de decisiones.

**Gobierno Abierto.** El Portal *Universidades Compran* es un nuevo canal de difusión que viene a reforzar aún más la transparencia del resto de los canales ya existentes que utilizan las Universidades para dar difusión y transparencia. Sin lugar a dudas, es un paso más en el fortalecimiento de la implementación del concepto de gobierno abierto en las universidades nacionales, cuyos principios son: transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana. Creemos que los sistemas de gestión SIU deben brindar cada día mejores servicios a la ciudadanía, si bien en este caso los principales usuarios son los proveedores, el Portal también está abierto a la ciudadanía en general.

**Estrategia Federal.** Es un sitio 100% federal a través del cual cualquier proveedor desde cualquier lugar de Argentina puede visualizar licitaciones vigentes en todas las Universidades, de Ushuaia a La Quiaca.

**Mejora de la Gestión.** Este Portal logra mejorar la comunicación de las áreas de Compras con los proveedores, ya que todos los proveedores pueden informarse de nuevos procedimientos desde el mismo Portal en tiempo real. Además, el proveedor en caso de participar de algún procedimiento luego puede darle seguimiento al estado del trámite a través del Portal de la Universidad.

Otra de las cuestiones a destacar, es que permite una mayor difusión de los procedimientos, lo cual trae considerablemente una mejora en la cantidad de ofertas recibidas como así también mejores precios ante la mayor competencia al presentarse más proveedores. De esta forma se evita que los procedimientos queden desiertos ante falta de ofertas, y sobre todo se logra adjudicar a la oferta más conveniente, obteniendo mejores productos y servicios para la Universidad.

Por último, destacamos que en este contexto de pandemia donde es necesario reducir la presencialidad, los proveedores cuentan con la información en los portales, lo cual permite reducir las visitas presenciales a las oficinas de compras en las instituciones.

En suma, consideramos que el Portal *Universidades Compran* es un gran aporte para continuar con la transformación digital en las instituciones universitarias, y una

experiencia de trabajo colaborativo replicable en otras instituciones universitarias de la región. La incorporación de este tipo de tecnologías es posible si se impulsa simultáneamente un cambio cultural acompañado por la cooperación, colaboración, transparencia, integración, y conocimiento compartido, ejes de la filosofía del trabajo del SIU.

## Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a quienes colaboraron y apoyaron este proyecto:

Al resto de los integrantes del Equipo SIU-Diaguaita: María Pezuk (Desarrolladora), Diego Zanardi (Desarrollador), Fernando Korol (Coordinador de Desarrollo), Juan Manuel Moreira (Analista Funcional), Alejandro Corsaro (Analista Funcional), Alejandro Mondelo (Tester).

A la Comunidad SIU, especialmente a usuarios/as y técnicos/as SIU-Diaguaita.

A la Dirección General del CIN y Coordinación General del SIU.

A las Rectoras y Rectores de las UU.NN.

A las áreas transversales y a todo el Equipo interno SIU.

También queremos recordar y brindar un homenaje a quienes perdimos en este camino. Gracias Emiliano Marmonti, Coordinador del módulo SIU-Bibliotecas, y Mariela Condori, Coordinadora de sistemas SIU en la Universidad Nacional de Jujuy, por todo el trabajo y los aportes que realizaron a la Comunidad SIU.

## Referencias

- 1 María de Lujan Gurmendi / Ricardo Daniel William: La construcción de Comunidades de Práctica para asegurar el avance de las TIC en el Sistema Universitario Nacional Argentino. Tercera Conferencia de Directores de Tecnología de Información TICAL 2013. Cartagena de Indias, Colombia - 8 y 9 de julio de 2013. Disponible en: [https://www.redclara.net/images/TICAL/actas\\_tical2013.pdf](https://www.redclara.net/images/TICAL/actas_tical2013.pdf)
- 2 Portal Universidades Compran, <https://universidadescompran.cin.edu.ar/info>
- 3 Presentación del Portal Universidades Compran en el Taller Anual virtual SIU 2020, <https://youtu.be/CZnWKroSsEo>
- 4 Nota SIU-Diaguaita 10 años, <https://portal.comunidad.siu.edu.ar/novedades/noticias/261-siu-diaguaita-10-anos>
- 5 Documentación APP Licitaciones SIU-Diaguaita, <https://documentacion.siu.edu.ar/wiki/SIU-Diaguaita/applicitaciones>

## Assin@UFSC: Uma Solução Centralizada para Assinatura Digital de Documentos

Guilherme Arthur Geronimo<sup>2</sup>, Giovanni Pieri<sup>2</sup>, Davi Böger<sup>2</sup>, Luís Cordeiro<sup>2</sup>,  
Roque Bezerra<sup>2</sup>, Jean Martina<sup>1</sup>,  
Luciano Fernandes da Rocha<sup>3</sup>, Jean Carlo Faustino<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Laboratório de Segurança em Computação - LabSec, Universidade Federal de Santa Catarina,  
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº  
Trindade – Florianópolis – SC, Brasil  
jean.martina@ufsc.br

<sup>2</sup> Superintendência de Tecnologia de Informação e Comunicação - SeTIC, Universidade Federal  
de Santa Catarina, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, s/nº  
Trindade – Florianópolis – SC, Brasil  
{ guilherme.geronimo, giovanni.pieri, luis.cordeiro, roque.bezerra, d.s.boger }@ufsc.br

<sup>3</sup> Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP,  
SAUS Quadra 5 - Lote 6, Bloco H, 7º andar, Edifício IBICT– Brasília – DF, Brasil  
{luciano.rocha,

### Resumo

Em 2020, durante a pandemia, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) gerou mais de 500.000 documentos assinados digitalmente, o que possibilitou que sua administração operasse 100% de forma digital. Neste artigo descrevemos a solução desenvolvida para a criação de documentos eletrônicos assinados digitalmente com certificados ICPEdu e ICP-Brasil. Este artigo engloba as questões legais e os processos de criação dos certificados pessoais, assinatura de documentos, validação e integração com outros sistemas. Por fim, são apresentados números referentes à adoção de assinatura digital no contexto da universidade.

**Palavras-chave:** Documentos eletrônicos; Assinatura Digital; Segurança da Informação.

**Eixo temático:** Tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores.

## 1. Introdução

A Pandemia global da COVID-19 exigiu uma resposta rápida das instituições de ensino. Neste contexto, em um intervalo curto de tempo, a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) se viu obrigada, assim como demais órgãos e instituições de ensino, a suspender quase todas as atividades presenciais. Tanto as aulas quanto as atividades administrativas passaram a ser desempenhadas de forma remota, forçando a adoção em massa de ferramentas de Tecnologias de Informação e Comunicação. Um dos grandes desafios encontrados durante esse processo foi a questão de como transpor a assinatura de documentos para o mundo digital.

Desde a publicação da medida provisória 2200-2/2001 [1], o Brasil passou a contar com um arcabouço legal que permite pessoas físicas e jurídicas realizarem assinaturas digitais em documentos eletrônicos com validade jurídica. Além disso, a Lei 14.063/2021[2] regulamenta o uso de assinaturas eletrônicas para comunicação entre cidadãos e os entes públicos, incluindo a classificação dos tipos de assinatura e os graus de confiabilidade conferidos em cada caso.

Para todos os efeitos legais, documentos assinados digitalmente são considerados equivalentes a documentos assinados em papel com reconhecimento de firma em um cartório. O pré-requisito para que o documento assinado digital seja considerado válido é que sejam usadas tecnologias de criptografia assimétrica (assinatura digital) com certificado emitidos dentro da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil) [3], ou mesmo certificados de outras ICPs, desde que admitido pelas partes como válido ou aceito pela pessoa a quem for oposto o documento.

A massificação do uso de assinaturas digitais como resposta à necessidade de tratar a assinatura eletrônica de documentos incorre em um problema de custos. Os Certificados ICP-Brasil tem um custo de aquisição na ordem de R\$ 250,00 cada, com validade de 3 anos. Em uma instituição universitária do porte da UFSC, cuja comunidade acadêmica tem em torno de 55.000 pessoas, isso geraria um custo na ordem de R\$ 13.750.000,00. Além disso, a emissão de um certificado digital ICP-Brasil exige procedimentos de entrega do certificado *in loco* (em Autoridades de Registro), que seria restritivo durante a pandemia.

Paralelamente à ICP-Brasil, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) criou a Infraestrutura de Chaves Públicas para Ensino e Pesquisa (ICPEdu) [4]. A ICPEdu oferece à comunidade acadêmica acesso simples e gratuito a certificados digitais pessoais.

Nesta autoridade certificadora, qualquer usuário da federação CAFe (Comunidade Acadêmica Federada [5]) pode solicitar a emissão de um certificado digital, desde que a sua instituição libere os atributos corretos para a autoridade certificadora da ICPEdu. Estes certificados têm sua chave privada gerada na máquina do usuário, em software, encapsulados em um arquivo no formato PKCS12. De posse desses certificados, o usuário pode instalá-lo em sua máquina ou na aplicação que desejar, a fim de utilizá-lo para Autenticação e para conferir autenticidade de documentos. De forma geral, o certificado digital emitido por esta autoridade é um certificado de curta duração e descartável, porém apresenta um grande potencial no processo de criação de documentos eletrônicos.

Para a massificação do uso de criptografia assimétrica e certificados digitais como solução de larga escala para assinatura de documentos eletrônicos, identificamos uma série de desafios e dificuldades apresentadas pelos usuários durante o processos de

assinatura digital adotado na UFSC: (i) dificuldade no entendimento e manipulação de certificados digitais pela comunidade universitária; (ii) o procedimento da assinatura de documentos digitais *in loco* (nas estações de trabalho); (iii) a validação dos documentos já assinados; (iv) a credibilidade e adoção da certificação digital, a fim de eliminar o processo "imprime/assina/digitaliza" comum na instituição.

Paralelamente, enfrentamos a questão da resistência na adoção da solução pelos usuários. Como sua utilização é facultativa, convencer, estimular e difundir o uso da solução tornou-se um desafio frente aos velhos costumes.

Tecnicamente, identificou-se a necessidade de integrar a solução proposta à sistemas já utilizados na gestão eletrônica de documentos (GED), na medida em que exigiam atualização para se adequarem às novas demandas de trabalho. Por outro lado, deparou-se com o desafio de fazer a integração desses sistemas de forma desacoplada, exigindo o mínimo de refatoração possível.

Assim, com estas questões em mente, as principais contribuições da solução de Assinatura Digital que se encontra em uso na UFSC atualmente: (i) na solução de armazenamento de certificados em nuvem - para retirar do usuário final a responsabilidade pela correta manipulação de certificados digitais; (ii) no sistema web para assinatura de documentos digitais - para simplificar o processo de assinatura; (iii) no serviço de validação de documentos autenticados - para permitir a validação simples de documentos pelos usuários; (iv) na estratégia de integração de sistemas legados, e; (v) no plano de ação administrativo para difundir a assinatura digital e extinguir processos em papel.

O projeto de assinatura digital foi liberado para os usuários no fim de 2019. Em um ano de uso, atingiu a marca de mais de 500.000 documentos eletrônicos assinados digitalmente. Com a pandemia, a UFSC passou a ser 100% digital, e o processo de assinaturas eletrônica é feito integralmente com certificação digital e criptografia assimétrica.

## **2.ICPEdu: Certificados gratuitos para toda a comunidade universitária**

A Infraestrutura de Chaves Públicas para Pesquisa e Ensino (ICPEdu) é um serviço da RNP que corresponde a um esforço para incentivar a criação de certificados digitais e chaves de segurança, aplicados em autenticação, assinatura digital e sigilo, dentro do ambiente das Instituições Federais de Ensino Superior (Ifes), Unidades de Pesquisa (UPs) e demais instituições de ensino. As organizações usuárias da ICPEdu podem emitir gratuitamente seus próprios certificados digitais, que funcionam como assinaturas eletrônicas para pessoas. O usuário obtém um certificado emitido pela instituição, o qual é reconhecido pelos demais membros da rede. A partir do reconhecimento do certificado, ele pode assinar documentos de forma segura e confiável.

A utilização de certificados digitais pelas Ifes e UPs confere credibilidade aos serviços e processos administrativos das instituições, bem como garante a identidade de seu portador. Além disso, permite que processos sejam executados com maior eficiência e agilidade, resultando em economia de tempo e dinheiro.

As soluções técnicas, ferramentas e equipamentos aplicados na implantação da ICPEdu são resultados de estudos iniciados em 2003, desenvolvidos por Grupos de Trabalho (GTs) da RNP. Em 2007, a ICPEdu foi lançada em caráter experimental, envolvendo um

pequeno número de instituições. E, após uma fase piloto em 2018, o serviço foi oficialmente lançado para a comunidade em março de 2021 pelo Ministério da Educação.

Os usuários emitem seus próprios certificados digitais pessoais ICPEdu por meio de um portal Web [5], disponibilizado como um serviço através da Comunidade Acadêmica Federada (CAFe). A CAFe é uma solução de gestão de identidade federada, baseada em SAML (Security Assertion Markup Language) e Shibboleth, que reúne instituições de ensino e pesquisas brasileiras através da integração de suas bases de dados. Isso significa que, por meio de uma conta única, dentro da sua própria instituição, o usuário pode acessar, de onde estiver, os serviços oferecidos pelas outras organizações que participam da CAFe na condição de provedor de serviço.

Para que o portal possa gerar um certificado digital pessoal, a instituição, por meio da café [6], informa os atributos do usuário ao portal: o nome da instituição do usuário, o nome completo, a data de nascimento, o CPF e o endereço de e-mail. O portal então gera as chaves e a requisição de certificado, que é assinado de maneira online pela autoridade certificadora AC Pessoa, de maneira transparente para o usuário. O certificado é criptografado com senha (PIN) provida pelo usuário, e este pode fazer o download e instalar o certificado no sistema local ou em outros dispositivos posteriormente.

Uma característica importante da geração de certificados pessoais ICPEdu é que o par de chaves criptográficas são gerados localmente no dispositivo do usuário, de forma que, por padrão, a chave privada do usuário não é conhecida por nenhum sistema externo. Isso confere uma camada de proteção a uma série de vulnerabilidades de segurança, porém coloca no usuário a responsabilidade de manipular corretamente a única cópia existente do seu certificado.

Outra característica, relacionada à anterior, é que a AC Pessoa somente permite um certificado ativo por usuário, sendo que ao gerar um certificado novo, o certificado antigo é automaticamente revogado. Juntamente com a característica anterior, isso leva a possibilidade de cenários onde um usuário pode ter diversos certificados antigos, revogados, instalados em sistemas e dispositivos diferentes, sendo inclusive utilizados para gerar assinaturas inválidas.

### **3. Custódia de Certificados na Nuvem**

Apesar dos certificados Pessoais da ICPEdu já serem gerados pelo portal [5], é necessário que a solução de assinatura digital Assin@UFSC possa acessar esse artefato de forma ágil e com o mínimo de dificuldade na interação do usuário. Assim, criou-se um módulo de gerenciamento de certificados, onde cada usuário pode guardar seus certificados Pessoais ICPEdu. Esse módulo tem o papel de centralizar o acesso ao certificado digital do usuário, e simplificar a gestão do mesmo.

Para executar o procedimento de criação e armazenamento dos certificados, o usuário: (i) entra no portal de geração de certificados pessoais [5], autenticando-se com suas credenciais da CAFe; (ii) informa uma senha (PIN) para o certificado novo - o certificado anterior é automaticamente revogado; (iii) faz o download do certificado em um formato PKCS#12, protegido pela senha (PIN); (iv) entra no módulo de gestão do certificado em nuvem do Assin@UFSC; (v) visualiza os dados do seu antigo certificado, se houver; e, (vi) realiza o upload do seu certificado novo, que passará a ser utilizado nos procedimentos de assinatura de documentos no Assin@UFSC.



Fig. 1. Interface do módulo de gerencia de certificados na nuvem.

#### 4. Assinando e Validando Documentos

O princípio do Assin@UFSC é facilitar e simplificar o processo de assinatura digital tendo como usuário alvo pessoas sem conhecimento técnico acerca de segurança da informação e gestão de documentos digitais. Assim levantamos os seguintes requisitos a serem atendidos: (i) possibilitar a assinatura em diversos dispositivos (estação de trabalho, celular, tablet, etc.); (ii) dispensar a necessidade de ter o certificado pessoal instalado localmente nos dispositivos para assinatura; (iii) possibilitar múltiplas assinaturas no mesmo documento; (iv) suportar a assinatura de documentos PDF; (v) permitir a validação dos documentos previamente assinados; e (vi) uma representação gráfica das assinaturas (assinatura de conforto);

A interface de validação [7] de documentos recebe arquivos e analisa suas assinaturas, considerando confiáveis certificados pertencentes às cadeias certificadoras da ICPEdu e ICP-Brasil. Um relatório é gerado exibindo ao usuário os dados de cada assinatura (nome, status da assinatura, atributos envolvidos) e os dados do caminho da cadeia certificadora. A Figura 2 exemplifica um relatório da interface do validador.



Fig. 2. Relatório de Validação de Documentos Assinados.

O processo de assinatura idealizado é:

1. o usuário entra em [assina.ufsc.br](http://assina.ufsc.br) [8];
2. se autentica no sistema de autenticação centralizado, caso ainda não esteja autenticado;
3. clica em "Adicionar Arquivo", seleciona o documento e faz o *upload*;
4. ao visualizar o documento na ferramenta, seleciona a posição onde deseja que fique a sua assinatura;
5. ao clicar em assinar, uma lista de provedores de certificados (ICPEdu, NeoId, etc) é exibido para escolha;
6. o sistema requisita a senha do certificado, assina o documento e exibe o mesmo com a representação gráfica da assinatura.

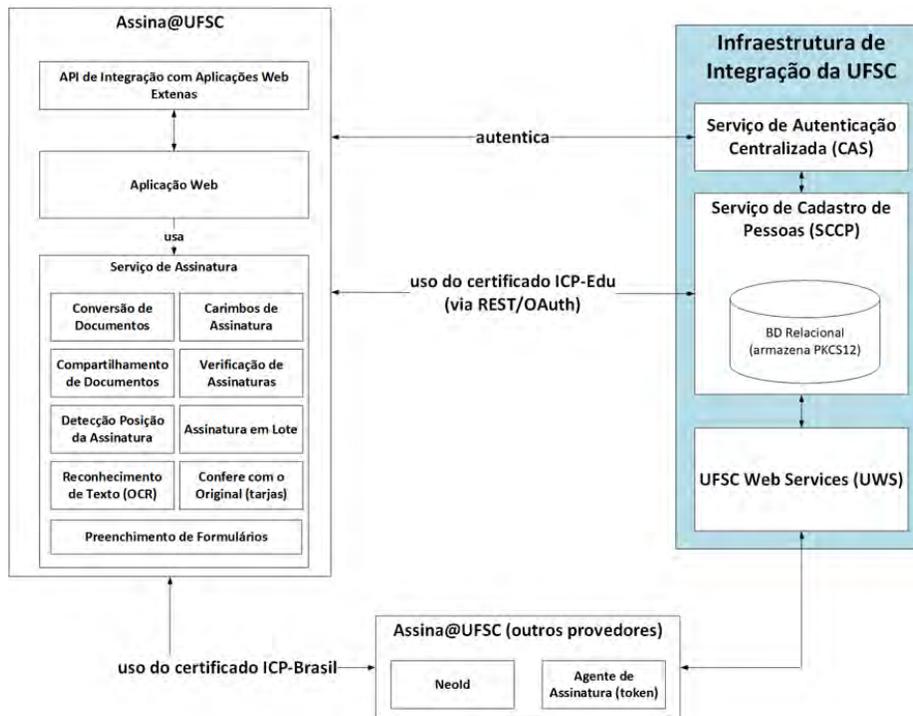
A Figura 3 exemplifica esta interface com um documento assinado e assinatura no canto direito inferior.



**Fig. 3.** Interface de Assinatura de Documentos

O sistema do assinador usa uma arquitetura baseada em WebServices, e um front-end implementado usando tecnologias Java EE. A estrutura interna é esquematizada na figura 4. A solução pode ser subdividida em 3 grandes partes:

1. Webservices para manipulação eletrônica de documentos e assinatura eletrônica;
2. Sistema de armazenamento e recuperação de certificados digitais em nuvens;
3. Provedores de assinaturas.



**Fig. 4.** Representação esquemática da solução Assina UFSC

Os certificados digitais ICPEdu criptografados são armazenados dentro da base autoritativa de usuários da UFSC. Para a recuperação dos certificados digitais dos usuários é obrigatório fazer uso de um Webservice próprio cujo acesso foi autorizado explicitamente pelo usuário por OAuth, implementado pelo sistema de autenticação centralizada da UFSC (CAS). Dessa forma garante-se que para ter acesso ao certificado digital criptografado de um usuário, o usuário teve que dar autorização explícita.

Para realização de uma assinatura, pode-se usar diferentes provedores de assinatura. Atualmente o Assin@UFSC suporta três provedores de certificados:

- (1) certificado armazenado na nuvem de certificados do Assin@UFSC;
- (2) certificado digital ICP-Brasil armazenado em nuvem emitido pelo Serpro (NeoID);
- (3) certificado digital da infraestrutura GOV.Br;
- (4) certificado físico instalado na máquina do usuário (token).

Esta decisão arquitetural na separação do webservice de assinatura do provedor de cifra criptográfica permite que o Assin@UFSC não dependa de um fornecedor de equipamentos e soluções criptográficas, permitindo ao usuário e a instituição o livre uso das certificados digitais que ele possui.

No que tange a geração de assinaturas eletrônicas, cada formato de documento possui associada a si um padrão diferente. Por este motivo, decidiu-se na padronização de todos os documentos eletrônicos da UFSC no padrão PDF. Este é um padrão que já estava em uso na universidade, é um padrão aberto normatizado pela ISO 32000-1 e possui suporte nativo para assinatura digital. Dentro dos diferentes padrões de assinatura, foi adotado o padrão adbe.pkcs7.detached [9], que consiste em uma assinatura na Sintaxe de Mensagem Criptográfica (Cryptographic Message Syntax -- CMS -- RFC5652) embarcada em um formulário PDF em um campo PDSignature. Para realização de uma

assinatura encaminha-se ao webservice de assinatura digital o PDF a ser assinado, este PDF é então processado e um Hash Criptográfico SHA-256 do documento é calculado, conforme especificado pela ISO 32000-1. Uma vez calculado o Hash do documento, o pacote CMS em conformidade com a RFC5652 é gerado e um novo Hash 256 do pacote CMS é realizado e uma cifra criptográfica é criada com o algoritmo RSA. Essa cifra criptográfica é incluída no pacote CMS, e finalmente o pacote CMS é anexado ao elemento PDSignature.

O Assin@UFSC e o webservice de assinatura usam uma carimbadora de tempo para prover uma estampilha de tempo confiável na confecção da assinatura digital. Isso traz mais um elemento de confiança as assinaturas digitais, pois impossibilita que um atacante manipule seu relógio local durante a geração da assinatura digital. Além disso, este elemento permite que documentos que tenham sido assinados usando um certificado digital revogado possam ser verificados e permaneçam confiáveis, caso a assinatura tenha ocorrido antes da revogação do certificado.

Para implementação da solução foram adotados os seguintes softwares livres:

- **PDF.js [10]:** Biblioteca javascript responsável pela renderização dos documentos PDFs em navegadores. Devido a uma decisão política feita pelos mantenedores da biblioteca, tivemos que modificá-la para exibir a representação gráfica das assinaturas, que é desabilitada por padrão.
- **PDFBox [11]:** Biblioteca Java usada para embarcar assinaturas digital em documentos PDF, computo de Hashes para assinatura, criação das representações gráficas das assinaturas, preenchimento e manipulação de formulários PDFs.
- **Bouncy Castle [12]:** Biblioteca Java que implementa algoritmos criptográficos necessários para geração da assinatura digital, como por exemplo, a manipulação dos certificados digitais, implementação de funções de hashes criptográficas e o algoritmo de criptografia assimétrica RSA-256.
- **LibreOffice [13]:** Suite openource usada para conversão automática de documentos para o padrão PDF/A.

Dentro das várias dificuldades técnicas, ressaltamos os seguintes pontos:

- **Celulares:** Dispositivos móveis demonstraram ser um desafio para seleção da localização das assinaturas. Como a biblioteca PDF.js e navegadores não se comportam homogeneamente entre distintos aparelhos, o ponto selecionado na tela nem sempre era o mesmo interpretado pela biblioteca, causando a representação errada da marca no documento.
- **Políticas de Certificado:** Apesar de haver uma padronização de políticas de assinaturas para PDF, conhecida como PAdES (normatizada pela ETSI [14]), no Brasil o ITI [15] criou normativas para assinaturas avançadas conhecidas como Padrão Brasileiro de Assinaturas Digitais (PBAD). Infelizmente, diferentemente do PAdES, o PBAD não é nativamente reconhecido pelos principais softwares de verificação de assinaturas digitais (e.g. Adobe), ou seja, documentos assinados no padrão PBAD são considerados inválidos. Portanto, decidimos não implementar padrões de assinatura avançada (nem PAdES, nem PBAD), somente assinatura simples (PKCS7), para evitar confusão devido a refutação de softwares de terceiros que não validam nossos documentos.

## 5. Mecanismo de integração com sistemas externos

Identificamos que existem uma gama de aplicações e sistemas diferentes que fazem uso

ou podem vir a adotar soluções de assinatura digital dentro dos processos administrativos e gerenciais da Universidade.

Portanto, decidiu-se que a solução deve ser agnóstica a processos, mas deve permitir que outras aplicações e sistemas integrem-se a ela.

Para atingir este objetivo foi projetada uma API de integração baseada no protocolo HTTP. Para que um sistema se integre a solução é necessário que ele implemente três URLs:

- **URL de Download** - usada pelo Assin@UFSC para realizar o download do documento PDF que deve ser assinado pelo usuário.
- **URL de Upload** - usada pelo Assin@UFSC para realizar o upload do documento PDF já assinado pelo usuário.
- **URL de Retorno** - usada pelo usuário para retomar a sua atividade no sistema de origem, após o processo de assinatura.

O sistema que deseja se integrar deve redirecionar seu usuário a URL <https://assina.ufsc.br/assinatura> com as informações listadas acima no GET (variáveis "doc", "p" e "redirect"). O Assin@UFSC então:

1. faz o download do documento PDF que deve ser assinado;
2. realiza todo o procedimento de assinatura junto ao usuário
3. faz o upload do documento PDF assinado;
4. redireciona o navegador do usuário de volta à aplicação de origem.

A figura 5 exemplifica a troca de mensagens entre o usuário, o Assin@UFSC e o sistema integrado.

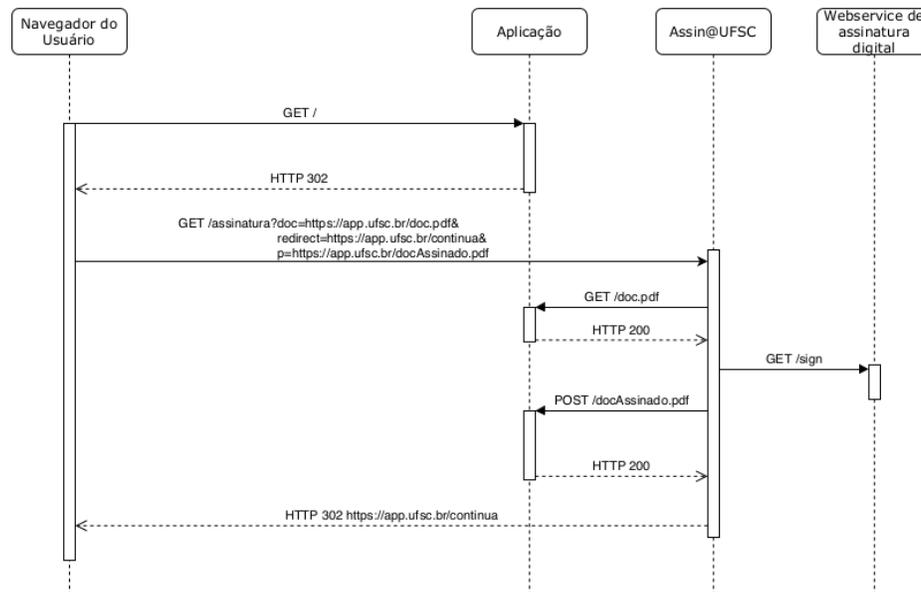


Fig. 5. Sequência de integração do Assina com sistemas externos

## 6. Reconhecimento da Instituição

Mesmo com a parte técnica funcionando, foi necessária uma ação junto aos usuários para difundir o uso da solução.

O primeiro passo para a difusão do uso da solução foi ter um respaldo político junto a reitoria da Universidade. Foi articulada a assinatura de uma Portaria Normativa 276/2019/GR, de 18 de setembro de 2019 [16], instituindo e disciplinando o uso de Certificação Digital na Universidade Federal de Santa Catarina, dando assim respaldo para o uso da ICPEdu para trâmites internos à UFSC.

Com respaldo político junto a instituição, foi realizada a divulgação da solução em articulação com o Agência de Comunicação da UFSC. Assim como foi produzido material de apoio e tutoriais disponibilizados no site <https://e.ufsc.br>.

Paralelamente, foi desenvolvido por intermédio da Coordenadoria de Certificação Digital da UFSC um trabalho de conscientização e divulgação nos diferentes setores da Universidade. Busca-se identificar setores que apresentam grande geração de processos ainda em papel para apresentar a alternativa digital baseada em assinaturas digitais.

Todo esse movimento político, e preparação e adequação de documentação para a comunidade acadêmica viabilizou o sucesso da migração da UFSC para operação 100% digital.

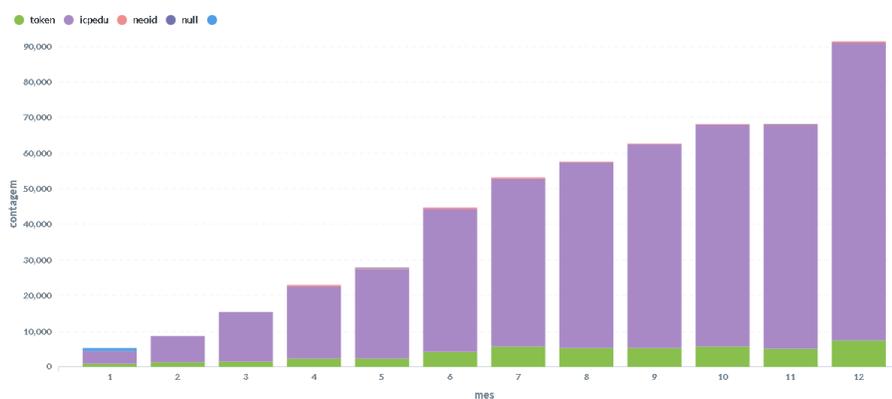
## 7. Considerações Finais

A adoção e implementação de assinaturas digitais é um processo complexo e lento, pois não é puramente técnico: envolve aprendizado e mudança nos hábitos dos usuários.

Com o Assin@UFSC foi possível suplantiar diversas dificuldades que a comunidade acadêmica encontrava para adoção da assinatura digital a baixíssimo custo.

Entretanto, na UFSC agora nos deparamos com o desafio de consolidar, divulgar e modificar os processos atualmente existentes, de forma a torná-los 100% digitais e extinguir o papel.

Em 2020, 19.645 pessoas, entre servidores e alunos, utilizaram plataforma de assinaturas Assin@UFSC para gerar 505.461 assinaturas. Além disso, nota-se, conforme figura 6, a aceleração gradual do número de assinaturas a partir de março de 2020, data em que se iniciou o trabalho remoto na UFSC devido a pandemia.



**Fig. 6.** Número de assinaturas realizadas por mês, e por tipo de certificado

Como trabalho futuro visualizamos:

1. desenvolver um serviço de armazenamento de certificados integrado à CAFe (desvinculado da UFSC), possibilitando qualquer instituição da federação armazenar os certificados pessoais dos seus usuários; e
2. integrar o Assin@UFSC como um serviço da CAFe, permitindo que a federação assine seus documentos na solução.

## Agradecimentos

Aos membros da Coordenadoria de Certificação Digital (CCD/UFSC) que difundiram a solução através do desenvolvimento dos documentos, materiais de ensino, treinamentos e suporte a comunidade; do Laboratório de Segurança em Computação (LabSec/UFSC), que germinaram a ideia e nutriram o projeto; e a toda a equipe da SeTIC/UFSC que apoiou e suportou o desenvolvimento do serviço; principalmente aos que investiram seu tempo na concepção, desenvolvimento e execução do projeto: Prof. Ricardo Custódio, Fernando Pereira, Gustavo Zambonin, Douglas Martins, Leonardo Meurer, Bruno Amattos.

## Referências

- 1 Casa Civil. Medida Provisória No 2.200-2, Agosto 2001. <http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/mpv/antigas/2001/2200-2.htm>.
- 2 Diário Oficial da União. Lei Nº 14.063, Setembro 2020. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.063-de-23-de-setembro-de-2020-279185931>.
- 3 ITI. ICP-Brasil, Maio 2021. <https://www.iti.gov.br/icp-brasil>.
- 4 RNP. ICPEdu, Maio 2021. <https://www.rnp.br/servicos/servicos-avancados/icpedu>.
- 5 RNP. ICPEdu Certificado Pessoal. <https://pessoal.icpedu.rnp.br/home>.
- 6 RNP. CAFe, Maio 2021. <https://www.rnp.br/servicos/servicos-avancados/cafe>.
- 7 LabSec. Validador de Documentos Assinados, Março 2021. <https://validador.ufsc.br>.
- 8 SeTIC/UFSC. Sistema de Assinatura Digitais, Março 2021. <https://assina.ufsc.br>.
- 9 Adobe. Padrão PKCS7, Março 2021. <https://www.adobe.com/devnet-docs/acrobatetk/tools/DigSigDC/standards.html>.
- 10 Mozilla Foundation. Projeto PDF.js, Março 2021. <https://mozilla.github.io/pdf.js/>.
- 11 Apache Foundation. Projeto Java PDFBox, Março 2021. <https://pdfbox.apache.org/>.
- 12 Projeto Bouncy Castle. Biblioteca de Criptografia, Março 2021. <https://www.bouncycastle.org/>.
- 13 The document Foundation. Libre Office, Março 2021. <https://www.libreoffice.org/>.
- 14 ETSI. European telecommunications standards institute, Março 2021. <https://etsi.org>.
- 15 Casa Civil. Instituto Nacional de Tecnologia da Informação, Março 2021. <https://www.iti.gov.br/>.
- 16 UFSC. Portaria Normativa 276/2021/GR, Maio 2021. <https://e.ufsc.br>.

## A promoção do acesso aberto a documentos na Universidade Federal de Santa Maria

Marcos Vinícius Bittencourt de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

### Resumo

O governo brasileiro criou a Lei de Acesso à Informação (LAI) em 2011 normatizando e promovendo a publicação de documentos públicos de forma ostensiva e transparente, diminuindo a opacidade até então encontrada no acesso aos documentos de órgãos públicos. A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sendo uma instituição pública federal de ensino superior, com o intuito de se adequar à lei, difundir conhecimento e promover o acesso aberto a dados, implementou mudanças em seus processos e sistema de gestão, criando rotinas que registram o contexto de criação dos documentos ao mesmo passo em que incrementam as suas autenticidades. Em sintonia com essas mudanças, foi desenvolvido um portal *web* que disponibiliza os documentos à população imediatamente após a gênese, exibindo todos os seus detalhes e interações realizadas pelos usuários. Nesse portal, é possível acessar a visualização do documento original assim como os dados capturados no momento da sua criação juntamente com os atores (autores, destinatários, interessados, procedência, etc) envolvidos. A sistemática adotada na UFSM contribui para o acesso aberto a documentos promovendo a transparência e permitindo o livre exercício da democracia e cidadania da comunidade. O presente estudo apresenta as mudanças realizadas na UFSM a partir da elaboração da sua política de preservação digital que, por consequência, se refletem em adaptações no seu sistema de gestão institucional e promovem a difusão de documentos e o livre acesso aos dados.

**Palavras Chave:** documentos, nato digital, acesso aberto, preservação digital, difusão.

**Eixo temático:** 4. Adaptando los servicios para mejorar la experiencia del usuario final.

## 1. Introdução

disponibilização de documentos produzidos por órgãos públicos nas esferas nacional, estadual e municipal é o foco da Lei 12.527/2011 [1], criando a cultura organizacional de publicação de forma ostensiva, restringindo-se o acesso quando existam informações pessoais ou configurando o sigilo nos casos em que possa haver riscos à segurança nacional, por exemplo. Os documentos que evidenciam a execução das atividades dos órgãos, são considerados documentos arquivísticos e, portanto, requerem todo o tratamento arquivístico necessário desde a sua criação até a sua preservação [2].

Em 2019, a Universidade Federal de Santa Maria, através da Resolução N. 012/2019 [3] implantou a sua política de preservação e acesso aos documentos arquivísticos digitais institucionais, estabelecendo um importante marco na instituição em meio ao contexto de constante crescimento da produção de documentos arquivísticos digitais. A política trata aspectos envolvidos desde a criação dos documentos digitais, a preservação até a disponibilização pública do seu acervo.

Uma vez que os documentos são criados no sistema de gestão próprio da instituição, são obtidos diversos metadados que registram em detalhes o momento da gênese do documento, assim como as interações realizadas com os agentes (estudantes e servidores) da instituição [4]. Após a fase de gestão dos documentos, compreendida pelas fases corrente e intermediária, o sistema deve prover funcionalidades para que a destinação final dos documentos ocorra efetivamente, tal qual foi estabelecida para cada tipo documental na Tabela de Temporalidade Documentos (TTD) adotada pela instituição [5].

Nos casos em que a destinação final é a eliminação, os documentos devem ser apagados definitivamente do sistema de gestão da universidade, sem a possibilidade de recuperação. No caso de documentos permanentes, que possuem valor secundário, a instituição deve recolhê-los ao seu repositório, conhecido como Repositório Arquivístico Digital Confiável (RDC-Arq). Uma vez que os documentos estejam depositados no repositório, eles recebem diversos tratamentos orientados à preservação digital, permitindo que os mesmos fiquem disponíveis e acessíveis ao longo dos anos.

A difusão dos documentos institucionais ocorre através de duas plataformas, de acordo com a fase em que eles se encontram. Nas fases de gestão, os documentos são disponibilizados no portal de documentos<sup>15</sup> da instituição<sup>1</sup>, imediatamente após o momento de criação. Os documentos de caráter permanente já recolhidos no RDC-Arq são difundidos através da plataforma Atom [6].

Devido à pandemia de COVID-19 no ano de 2020 e às recomendações de distanciamento social, os servidores da Universidade tiveram que se adaptar ao trabalho remoto, impulsionando a informatização de diversos processos que antes requeriam a presença física e assinaturas manuais. Essa situação, que foi imposta por fatores externos, trouxe à tona a capacidade de adaptação e transformação da instituição que modificou estruturalmente a forma como os documentos são gerenciados acabando por beneficiar a sociedade em geral através da ampla disponibilização do seu acervo documental.

A gestão arquivística digital da UFSM é uma ferramenta que contribui para a iniciativa de acesso aberto possibilitando a utilização de seus documentos em trabalhos científicos, por exemplo, ao mesmo tempo em que se torna transparente e promove o livre exercício da cidadania e dos direitos humanos. A seguir,

---

<sup>15</sup> <http://portal.ufsm.br/documentos>

são apresentados os detalhes de projeto da solução implementada pela UFSM.

## **2. Gestão Arquivística de Documentos na UFSM**

O estabelecimento de uma política de preservação de documentos digitais é um dos primeiros passos a serem cumpridos para que a gestão dos documentos institucionais possa se estabelecer com sucesso. A política reflete as preocupações e expectativas da instituição e, durante a sua elaboração, deve levar em consideração as suas particularidades, assim como dos seus órgãos subordinados [7]. Uma vez que a política seja aprovada, a sua implantação prática requer a colaboração de diversos agentes, que vão desde pessoas e sistemas que criam os documentos, o órgão responsável pelo Arquivo da instituição, até o setor responsável pela Tecnologia da Informação (TI) como apoio.

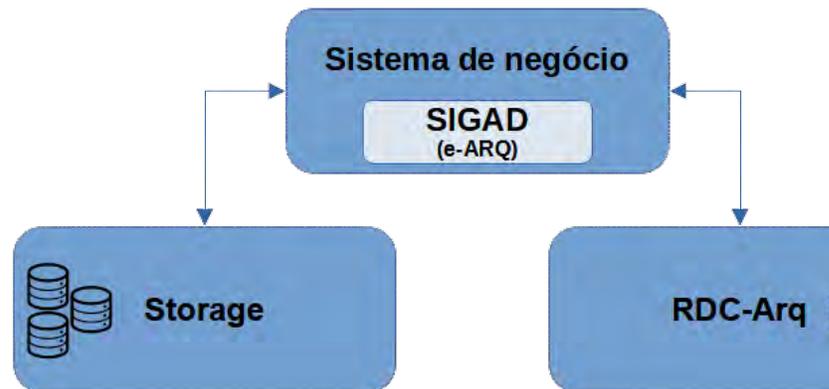
A UFSM, em 2019, estabeleceu a sua política de preservação e acesso aos documentos arquivísticos digitais institucionais [3] que tem entre os princípios e objetivos, a preservação a longo prazo de documentos arquivísticos digitais, a garantia de autenticidade e integridade, inclusão de procedimentos que mitiguem a obsolescência tecnológica e a elaboração de estratégias para a disponibilização do acervo documental institucional.

A política torna clara a responsabilidade das unidades e subunidades a respeito da gestão e custódia dos documentos produzidos no decorrer das suas atividades. O Departamento de Arquivo Geral (DAG), que executa as funções de Arquivo central da instituição, torna-se responsável pela custódia e preservação dos documentos de valor permanente. Ao Centro de Processamento de Dados (CPD) foram atribuídas responsabilidades para garantir a segurança dos documentos recolhidos ao Arquivo Permanente Digital, assim como a elaboração de sistemas que apoiem a gestão arquivística durante o ciclo de vida dos documentos.

### **2.1 Sistema Informatizado de Gestão Arquivística de Documentos - SIGAD**

Um SIGAD, segundo o Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ) [7] é “um conjunto de procedimentos e operações técnicas, característico do sistema de gestão arquivística de documentos, processado por computador. Pode compreender um software particular, um determinado número de softwares integrados, adquiridos ou desenvolvidos por encomenda, ou uma combinação destes”.

A UFSM por possuir sistema informatizado de gestão próprio, o SIE (Sistema de Informações para o Ensino), decidiu utilizar como referência o Cenário 3 descrito na Orientação Técnica Nº 3 do CONARQ [8], apresentado na Figura 1. Nesse projeto, o sistema se comunica com um storage para o armazenamento dos dados, como por exemplo, Bancos de Dados, ao mesmo passo em que são desenvolvidas funcionalidades características de um SIGAD para a captura de informações relativas aos documentos produzidos. Quando é chegado o prazo para o recolhimento, o SIE se comunica com o repositório enviando pacotes de informações que contêm os documentos permanentes e todos os metadados capturados ao longo do ciclo de vida na fase de gestão.



**Figura 1:** Cenário 3 de implementação de funcionalidades de um SIGAD dentro do sistema de negócios. Fonte: adaptado de [8].

A Universidade por ser integrante do Sistema de Gestão de Documentos e Arquivos (SIGA) da administração pública federal, deve usar como base as Tabelas de Temporalidades (TTD) definidas pelo Arquivo Nacional para documentos que tratam das atividades-meio [9] e atividades-fim [10]. A partir dessas tabelas e planos, as universidades têm autonomia para adicionar os seus tipos documentais, obedecendo aos prazos e destinações finais especificados pelo governo ou estendendo-os, porém, nunca os diminuindo.

Com o objetivo de controlar o ciclo de vida dos documentos e a suas relações orgânicas, foi desenvolvido um módulo para a manutenção do Plano de Classificação de Documentos (PCD) e TTD correspondente, provendo meios para que a classificação automática seja realizada já na gênese dos documentos, além de fornecer apoio aos arquivistas no controle das temporalidades [4].

Sabendo da importância de se registrar o contexto de criação dos documentos no momento mais próximo da sua produção, assim que um documento é criado no SIE, ele já recebe a sua classificação, assim como são capturados e armazenados diversos metadados relativos às suas características intrínsecas e extrínsecas [4]. Conforme previsto no e-ARQ [7], todas as modificações, assinaturas e interações entre os usuários do sistema e documentos formam a sua trilha de auditoria que fornece embasamentos para a comprovação da autenticidade dos documentos. Esse conjunto de metadados capturado e armazenado é, segundo Rondinelli [11], “[...] um elemento fundamental para a garantia da capacidade testemunhal do documento eletrônico arquivístico”.

Ao se produzir uma nova versão de um documento, por exemplo, o sistema identifica as versões anteriores e os relaciona, trazendo organicidade e permitindo aos usuários que se conheça a linha do tempo do documento. Ao longo do ciclo de vida de um documento, vão sendo coletadas evidências, de forma automática, que permitem a verificação de possíveis adulterações intencionais ou o corrompimentos de dados que possam afetar a Cadeia de Custódia Digital Arquivística [12].

O projeto desenvolvido na UFSM permite que os seus documentos nato digitais percorram as quatro dimensões do modelo de gestão documental conhecido por Records Continuum [13], pois no momento imediato à sua criação, são capturados metadados, ocorre a sua classificação automática e ele já se torna disponível

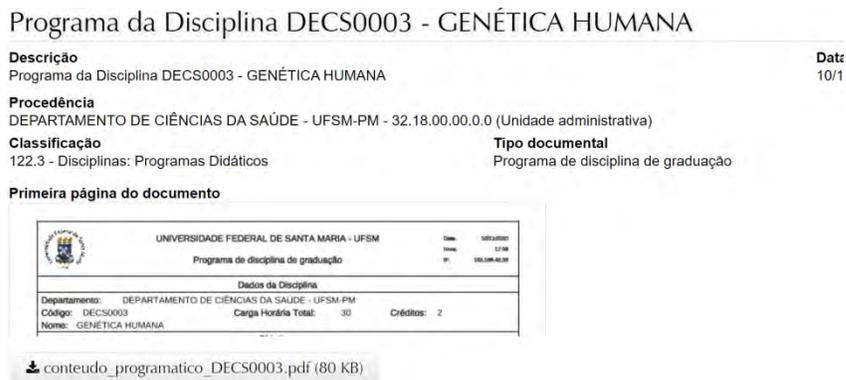
à sociedade [14]. Essa abordagem agrega valor aos documentos já no seu nascimento, não importando se eles serão usados por pouco tempo (segundos) ou até mesmo por toda a eternidade. A publicização dos documentos ocorre imediatamente, salvo casos previstos na LAI [1], permitindo à sociedade o acesso às informações que contribuem para o exercício da cidadania. A disponibilização dos documentos da UFSM ainda em fase de gestão é realizada através do seu portal de documentos oficiais com a sua tela de consulta inicial representada na Figura 2. O campo “Texto da consulta” permite realizar a busca no corpo do texto dos documentos e os demais campos permitem filtrar a busca pelo ano de produção, tipo de fluxo e tipo documental dos documentos.

## Consulta documentos



Figura 2: Tela de consulta de documentos. Fonte: elaboração própria.

Após a busca retornar os resultados, o usuário pode acessar o documento desejado para visualizá-lo. A Figura 3 apresenta a página de visualização do documento, exibindo alguns metadados básicos, a sua classificação e sua tipologia documental de acordo com o PCD, uma figura com a prévia da primeira página e um botão para acessar o arquivo do documento na íntegra.



**Programa da Disciplina DECS0003 - GENÉTICA HUMANA**

**Descrição**  
Programa da Disciplina DECS0003 - GENÉTICA HUMANA **Data:**  
10/1

**Procedência**  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - UFSM-PM - 32.18.00.00.0.0 (Unidade administrativa)

**Classificação**  
122.3 - Disciplinas: Programas Didáticos **Tipo documental**  
Programa de disciplina de graduação

**Primeira página do documento**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM  
Programa de disciplina de graduação

**Dados da Disciplina**

Departamento:	DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - UFSM-PM
Código:	DECS0003
Nome:	GENÉTICA HUMANA
Carga Horária Total:	30
Créditos:	2

[conteudo\\_programatico\\_DECS0003.pdf \(80 KB\)](#)

Figura 3: Visualização de documento. Fonte: Portal de Documentos [15]

Existem ainda funcionalidades que exibem todos os metadados capturados na criação do documento nos formatos Dublin Core [16], ISAD(G) [17] e e-ARQ [7], juntamente com a possibilidade de se visualizar a linha do tempo com os atores envolvidos em cada etapa. O sistema desenvolvido permite ao público em geral realizar buscas no acervo da instituição de maneira autônoma, sem a necessidade prévia de autorizações, facilitando o seu uso e promovendo a transparência ativa de informações.

A interligação entre a produção e a difusão dos documentos nato digitais na fase de gestão, no Portal de Documentos, se dá através de APIs, feitas para interagir entre si, sem intervenção humana. Essa arquitetura possibilita o estabelecimento

de uma linha contínua e uniforme que não cria rupturas na Cadeia de Custódia Digital Arquivística, estabelecendo um ambiente no qual os documentos adquirem autenticidade e confiabilidade [18].

### 2.3 Arquivo Permanente Digital

Os documentos de guarda permanente, com valor secundário, ao atingirem os prazos previstos das fases corrente e intermediária devem prosseguir para a sua destinação final que é o recolhimento para preservação no Arquivo Permanente Digital da UFSM, seguindo a especificação RDC-Arq. Entre os requisitos mínimos de um RDC-Arq estão o gerenciamento dos documentos depositados com os seus respectivos metadados, além de implementar mecanismos que assegurem a integridade e autenticidade dos documentos sob sua responsabilidade [8].

Com o objetivo de normatizar o projeto lógico de um RDC-Arq, foi criado o padrão OAIS (*Open Archival Information System*) [19], com sua correspondente tradução brasileira através da norma SAAI (Sistema Aberto de Arquivamento de Informação) [20]. Dentre as principais características do padrão está o estabelecimento de pacotes de informação para troca de mensagens entre as entidades funcionais que o compõem. A transmissão de documentos do produtor (*producer*) para o repositório se dá através de pacotes SIP (*Submission Information Package* - Pacote de Submissão de Informação). A interação entre o SIE e o repositório acontece nesse momento, quando os pacotes são construídos contendo os documentos digitais assim como os seus respectivos conjuntos de metadados previamente capturados e armazenados.

Internamente, o repositório para realizar as suas rotinas, cria pacotes AIP (*Archival Information Package* - Pacote de Arquivamento de Informação) que contém os documentos originais recebidos, cópias utilizadas para preservação e acesso além de metadados que registram todas as operações realizadas nos documentos sob sua guarda. Essas operações têm como objetivo a verificação de integridade, presença de vírus e possíveis migrações de formatos de arquivos quando necessárias.

A comunicação do repositório com o consumidor (*consumer*) de documentos para disponibilização de acesso se dá através de pacotes DIP (*Dissemination Information Package* - Pacote de Disseminação de Informação) que contém os documentos em formato especificamente voltado para acesso assim como os metadados de descrição. Cabe ressaltar a importância que a disponibilização dos documentos para acesso se faça através de formatos de arquivos amplamente conhecidos, divulgados e, preferencialmente, em formatos abertos para que o público dos arquivos e a comunidade em geral possam usá-los de maneira facilitada e sem restrições [12].

A UFSM adotou como solução de RDC-Arq para a guarda de documentos permanentes a ferramenta *open source* Archivematica [6] que foi projetada para atender ao padrão internacional OAIS. Dentre as características do Archivematica está a disponibilização de duas plataformas, a Storage Service e a Dashboard, que dividem as responsabilidades de gerenciamento entre profissionais de Tecnologia da Informação (TI) e arquivistas, respectivamente. A Storage Service é focada na configuração dos meios físicos de armazenamento, possibilitando configurações de pastas e cotas de espaços destinados a cada elemento do repositório. A Dashboard é voltada à aplicação prática da política arquivística de armazenamento, sendo possível configurar o *workflow* dos documentos recebidos, procedimentos executados esporadicamente, configurações de formatos de arquivo para preservação e acesso, além das configurações necessárias para o envio dos documentos para as plataformas de difusão.

Atualmente, as integrações entre o SIE e o Archivematica estão em desenvolvimento para que através do uso das APIs disponibilizadas seja possível submeter os documentos de forma automatizada e com o mínimo de intervenção humana, diminuindo as chances de adulterações intencionais e garantindo a autenticidade do acervo institucional. Assim, o Departamento de Arquivo Geral possuirá meios para o gerenciamento dos documentos digitais produzidos no SIE realizando a gestão plena dos controles de temporalidade, destinação final e promoção do acesso aberto aos documentos.

### 3. Evolução Digital Frente à Pandemia

O sistema de gestão da UFSM já possuía funcionalidades para a criação de documentos digitais, no entanto, a pandemia acelerou novos desenvolvimentos para substituir procedimentos antes realizados em meio físico, promovendo um grande ganho na informatização de processos administrativos. Diversos esforços colaborativos foram realizados a fim de mapear os fluxos dos processos otimizando-os para o meio digital, ao mesmo tempo em que capacitações *online* foram feitas nos setores afetados por essa transformações, diminuindo os impactos normalmente observados nas migrações sistemáticas.

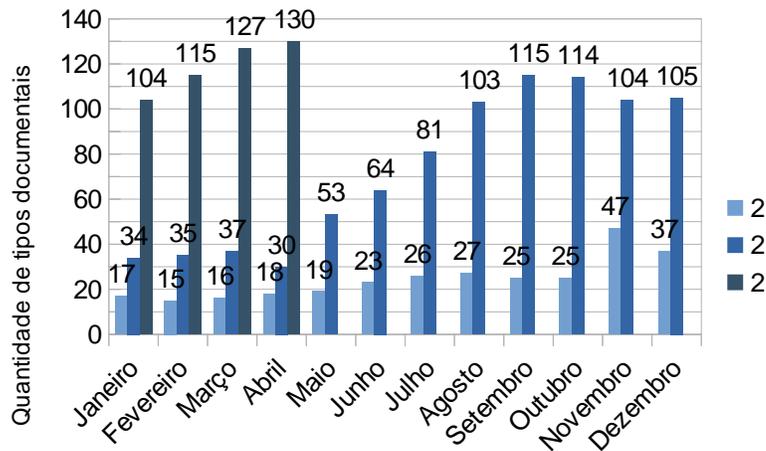


Figura 4: Quantidade de diferentes tipos documentais com representantes de documentos nato digitais criados no SIE, por ano. Fonte: elaboração própria a partir

A Figura 4 exibe um comparativo da quantidade de tipos documentais que possuem documentos nato digitais criados no SIE entre os anos 2019, 2020 e 2021 até o mês de abril. Em janeiro de 2019, haviam documentos nato digitais pertencentes a 17 tipos documentais diferentes, enquanto que no mesmo mês, em 2020, já era possível contar com 34 tipos documentais diferentes, representando um aumento de 100%. Já no primeiro mês de 2021 o sistema contou com documentos nato digitais pertencentes a 104 tipos documentais diferentes criados diretamente no sistema, um número seis vezes maior que o primeiro mês da série estudada. Cabe ressaltar que certas tipologias possuem documentos criados sazonalmente, de acordo com o calendário acadêmico da instituição como, por exemplo, o encerramento letivo das turmas que ocorre ao final de cada semestre.

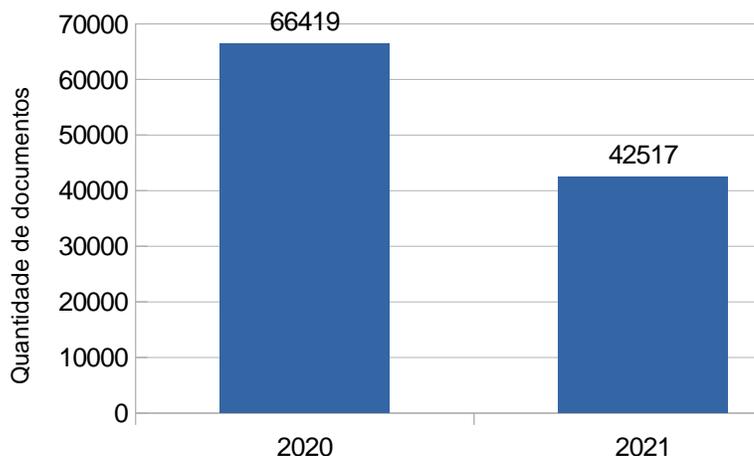


Figura 5: Total de documentos nato digitais criados no SIE entre 2020 e abril de 2021. Fonte: elaboração própria a partir de dados do SIE.

Figura 5 exibe o total de documentos nato digitais criados no SIE desde o primeiro dia de 2020 até o dia 30 de abril de 2021. A partir dos dados da figura, é possível compreender que, mesmo após os avanços realizados para a criação de documentos nato digitais no SIE, ainda há uma demanda reprimida, visto que apenas nos primeiros quatro meses de 2021 já foram criados o equivalente a 64% de todos os documentos criados no ano anterior.

o longo de 2020 e 2021, a utilização de documentos nato digitais se tornou essencial para o funcionamento da Universidade, fato evidenciado pela curva ascendente de tipos documentais apresentados na Figura 4, demandando esforços conjuntos das equipes de TI e Arquivo que fazem as configurações necessárias no SIE e os disponibilizam aos usuários da instituição para a criação de novos documentos. Tais documentos que antes necessitavam ser impressos e assinados, agora nascem e permanecem no ambiente digital sendo transmitidos eletronicamente entre as partes interessadas enquanto são difundidos abertamente à comunidade.

A UFSM, por conta da pandemia de COVID-19, decidiu suspender as atividades letivas e administrativas presenciais desde o dia 17 de março de 2020 [21], fazendo com que houvesse um crescimento na quantidade de criação de documentos nato digitais de tipos documentais diferentes. Ao passo em que a situação da pandemia foi sendo mais conhecida e estudada globalmente, o trabalho remoto se intensificou e se adaptou às novas demandas, tendo como consequência um pico de documentos nato digitais pertencentes a 130 tipologias documentais diferentes no mês de abril de 2021. O principal aspecto positivo dessa mudança é que a transformação digital ocorrida poderá ser permanente mesmo após a superação da pandemia, aproveitando-se das vantagens providas pelo ambiente tecnológico desenvolvido, tais como a assinatura eletrônica de documentos e a agilidade da tramitação digital de processos.

#### 4. Conclusões

agilidade do uso de documentos nato digitais em relação aos documentos analógicos facilita a comunicação entre pessoas e instituições, no entanto, cabe promover acesso para que as informações possam ser facilmente utilizadas de acordo com as necessidades do público. A pandemia de COVID-19 trouxe a necessidade de adaptação em muitas

rotinas de trabalho exigindo o distanciamento social e, conseqüentemente, impulsionando a criação de documentos digitais para a realização de tarefas a distância.

Corroborando as mudanças ocorridas na sociedade, a UNESCO [22] chamou atenção sobre a responsabilidade das instituições de arquivo na tarefa de documentar e preservar os achados científicos sobre a pandemia, ao mesmo tempo evidenciando o papel fundamental dessas instituições na disponibilização de documentos históricos custodiados que tratam de outras pandemias anteriormente enfrentadas. No mesmo viés, o Conselho Internacional de Arquivos [23] deixa clara a importância de ampliar e tornar sólidas as rotinas de preservação arquivísticas frente a crise atualmente vivida, conclamando os Arquivos à sua missão: “O dever de documentar em uma crise não cessa, se torna mais essencial”.

Ao mesmo passo em que a criação de documentos se acelera, há que se preocupar quanto às suas autenticidades garantindo que os mesmos foram criados por pessoas corretamente autorizadas, dentro de processos estabelecidos e que permaneçam intactos quanto ao seu conteúdo. A política de gestão arquivística da UFSM estabeleceu responsabilidades aos seus órgãos que tratam de documentos, definindo as suas atribuições e procedimentos a serem executados de forma a prover garantias de autenticidade ao seu acervo documental.

A disponibilização dos documentos já na fase de gestão promove a transparência administrativa de seus atos e fornece meios para que a comunidade exerça a sua cidadania, permitindo inclusive, a fiscalização a respeito das verbas públicas empregadas. Essa ação contribui para o acesso aberto de informações difundindo conhecimentos que podem ser utilizados das mais diversas formas, além de garantir o direito humano à informação.

## 5. Referências

- 1 Brasil. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. In Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 18 Nov. 2011, Edição Extra, p. 1 a 4. (2011) <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=18/11/2011&jornal=1000&pagina=1&totalArquivos=12>, Último acesso 10/05/2021.
- 2 Conselho Nacional de Arquivos. Glossário. Documentos Arquivísticos Digitais. 7ª versão (2016). [http://conarq.gov.br/images/ctde/Glossario/2016-CTDE-Glossario\\_V7\\_public.pdf](http://conarq.gov.br/images/ctde/Glossario/2016-CTDE-Glossario_V7_public.pdf), Último acesso: 10/05/2021.
- 3 Universidade Federal de Santa Maria. Resolução N. 012/2019. Dispõe sobre a política de preservação e acesso aos documentos arquivísticos digitais da UFSM (2019). <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/documento.html?id=12580637>, Último acesso: 10/05/2021.
- 4 Flores, D., Souza, MVB., Tybusch, J. Documentos nato digitais como otimização do processo de dispensa de disciplina de graduação. In Revista Analisando em Ciência da Informação - RACin. v6. n. especial. p. 926-938 (2018). <http://www.arquivistica.fci.unb.br/revista-analisando-em-ciencia-da-informacao-racin-2/documentos-nato-digitais-como-otimizacao-do-processo-de-dispensa-de-disciplina-de-graduacao-2/>, Último acesso: 10/05/2021.
- 5 Universidade Federal de Santa Maria. Código de classificação e Tabela de Temporalidade de Documentos da UFSM (2019). <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/400/2019/09/plano-de-classificacao-ufsm.pdf>, Último acesso: 11/05/2021.
- 6 Artefactual Systems. *Archivematica: open-source digital preservation system* (2021). <http://www.archivematica.org/pt-br/>, Último acesso: 11/05/2021.
- 7 Conselho Nacional de Arquivos. e-ARQ Brasil. Modelo de Requisitos para Sistemas Informatizados de Gestão Arquivísticas de Documentos (2011). Rio de Janeiro, 2011. <http://www.siga.arquivonacional.gov.br/images/publicacoes/e-arq.pdf>, Último acesso:

11/05/2021.

8 Conselho Nacional de Arquivos. Diretrizes para a implementação de repositórios arquivísticos digitais confiáveis – RDC-Arq (2015). Rio de Janeiro. [http://www.conarq.gov.br/images/publicacoes\\_textos/diretrizes\\_rdc\\_arq.pdf](http://www.conarq.gov.br/images/publicacoes_textos/diretrizes_rdc_arq.pdf), Último acesso: 10/05/2021.

9 Arquivo Nacional. Código de classificação e tabela de temporalidade e destinação de documentos relativos às atividades-meio do Poder Executivo Federal (2020). Rio de Janeiro: Arquivo Nacional. [http://siga.arquivonacional.gov.br/images/codigos\\_tabelas/Portaria\\_47\\_CCD\\_TTD\\_poder\\_executivo\\_federal\\_2020\\_instrumento.pdf](http://siga.arquivonacional.gov.br/images/codigos_tabelas/Portaria_47_CCD_TTD_poder_executivo_federal_2020_instrumento.pdf), Último acesso: 10/05/2021

10 Arquivo Nacional. Código de classificação de documentos de arquivo relativos às atividades-fim das Instituições Federais de Ensino Superior- IFES (2011). [http://antigo.arquivonacional.gov.br/images/conteudo/servicos\\_ao\\_governo/Codigos\\_tabelas/portaria\\_n0922011\\_codigo\\_de\\_classificacao\\_de\\_documentos\\_.pdf](http://antigo.arquivonacional.gov.br/images/conteudo/servicos_ao_governo/Codigos_tabelas/portaria_n0922011_codigo_de_classificacao_de_documentos_.pdf), Último acesso: 10/05/2021.

11 Rondinelli, RC. Gerenciamento arquivístico de documentos eletrônicos: uma abordagem teórica da arquivística contemporânea (2002). 2ed. Rio de Janeiro.

12 Santos, HM, Flores, D. Cadeia de Custódia Digital Arquivística. In *LexCult*, v.4 n.2, p. 108-139 (2020). ISSN 2594-8261. <http://lexcultccjf.trf2.jus.br/index.php/LexCult/issue/view/18/Dossi%C3%AA%20-%20Completo%20Parte%201>, Último acesso: 10/05/2021.

13 Upward, F. *Structuring the Records Continuum - Part One: Postcustodial Principles and Properties*. v. 24, n. 2. (1996).

14 Viana, GFR, Madio, TCC. Modelo *Records Continuum* aplicado a uma instituição pública universitária. Ibersid. n. 10 v. 1. ISSN 1888-0967. (2016).

15 Universidade Federal de Santa Maria. Portal de Documentos. <https://portal.ufsm.br/documentos/>, Último acesso: 10/05/2021.

16 Dublin Core Metadata Initiative. *Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description* (2012). <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dces/>, Último acesso: 10/05/2021.

17 International Council on Archives. ISAD(G): *General International Standard Archival Description. Second Edition*. Ottawa. (2000).

18 Luz, C., Flores, D. Cadeia de custódia e de preservação: autenticidade nas plataformas de gestão e preservação de documentos arquivísticos. In *Seminário Serviços de Informação em Museus*, p. 171-181. (2018).

19 International Organization For Standardization. ISO 14721: *space data and information transfer systems: open archival information system –reference model*. Genebra: ISO. (2012).

20 Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 15472: *Sistemas Espaciais de Dados e Informações – Modelo de referência para um Sistema Aberto de Arquivamento de Informação (SAAI)*. Rio de Janeiro: ABNT. (2007).

21 Universidade Federal de Santa Maria. Portaria N. 97.935/2020 - GR de 16 de março de 2020. (2020). <https://portal.ufsm.br/documentos/publico/documento.html?id=13057680>, Último acesso: 10/05/2021.

22 UNESCO. *Convirtiendo la amenaza del COVID-19 en una oportunidad para un mayor apoyo al patrimonio documental*. (2020). [https://en.unesco.org/sites/default/files/dhe-covid-19-unesco\\_statement\\_es.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/dhe-covid-19-unesco_statement_es.pdf), Último acesso: 10/05/2021.

23 International Council on Archives. *COVID-19: El deber de documentar en una crisis no cesa, se vuelve más esencial* (2020). [https://www.ica.org/sites/default/files/covid\\_el\\_deber\\_de\\_documentar.pdf](https://www.ica.org/sites/default/files/covid_el_deber_de_documentar.pdf), Último acesso: 10/05/2021.



## **Capítulo 5**

### **TICAL: Soluciones e implementaciones disruptivas que posibiliten cambios en la universidad**



# Desarrollo de una plataforma de monitoreo y control para un sistema barra y bola haciendo uso del IoT

Jorge Eliecer Quintero Escobar, Giovanni Bracho Tovar<sup>b</sup>,

<sup>a</sup> Grupo de Espectroscopia Optica y Laser, Licenciatura en Fisica, Balneario Hurtado Vía a Patillal, Valledupar Cesar, Colombia  
jorgequinteroe@unicesar.edu.co

<sup>b</sup> Grupo de Investigación GINTICS, Facultad de Ingenierías y Tecnológicas, Balneario Hurtado Vía a Patillal, Valledupar Cesar, Colombia  
giovannibracho@unicesar.edu.co

## Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de una plataforma de monitoreo y control para un sistema viga y bola implementando la filosofía del internet de las cosas (IoT), a través del uso de tarjetas de desarrollo Beaglebone Black, con capacidad de recoger información de parámetros relacionados con las variables en un sistema de control viga y bola, mediante sensores que utilizan el protocolo de comunicación asíncrono MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Los datos obtenidos fueron enviados al servidor local gracias a las características de hardware de la plataforma de desarrollo Beaglebone, para gestión de IoT. La interfaz web refleja una interacción fluida entre el usuario y el sistema. La gráfica de la respuesta temporal al aplicar una estrategia de control Pid mostro el resultado esperado en relación con los cálculos matemáticos de diseño, en ultimas el sistema inicia de maneara adecuada ya que responde positivamente ante las diferentes entradas de excitación de la planta en un entorno web.

**Palabras Clave:** Pagina web, controladores PID, IoT, MQTT, conexión remota

**Eje temático:** Internet de las cosas (IoT) y redes de sensores

## 1. Introducción

El avance de la ciencia y la tecnología han permitido un contexto globalizado en donde el uso de las TIC ha cerrado la brecha tecnológica en los últimos tiempos entre las que se encuentra la internet, dispositivos físicos hardware, software de cómputo y tecnologías de conectividad de redes y telecomunicaciones. Esto ha permitido mejorar muchos de los procesos que se gestan en la industria, academia, investigación y sociedad. Hoy por hoy, aunque todos estos beneficios están presentes siguen existiendo barreras que impiden que la educación que se gesta en las aulas de clases pueda darse de manera apropiada, para el programa de ingeniería electrónica de la universidad popular del cesar, desde sus inicios hasta los días presentes se ha evidenciado deficiencia en la cantidad de herramientas, instrumentos de laboratorio y equipos avanzados para el desarrollo de la teoría de sistemas de control.

Dada la importancia de cerrar la fisura de falta de equipos de laboratorio que puedan cubrir la demanda de estudiantes que viven y no en la localidad, se viene trabajando en sistemas de conexión remota que permitan una alternativa de trabajo desde casa. Los equipos con los que se cuenta en los laboratorios no son suficientes para el desarrollo particular de prácticas de control y en especial para la línea de instrumentación electrónica aplicada.

A raíz de estas situaciones se han venido implementando diferentes tecnologías que deriven en corregir la desigualdad de la falta de soluciones para estudiantes que por factores económicos o de desplazamiento se les hace imposible asistir o desarrollar a tiempo sus prácticas de laboratorio. Con el internet de las cosas (IoT), el sensando de la información, el monitoreo y control de sistemas para el estudio y diseño de controladores resulta determinante en el modelo educativo CDIO implementado por el programa. Un modelo que expresa el concebir, diseñar, implementar y operar en los distintos escenarios que pueden derivarse de la industria, academia y la investigación. [7]. Internet de las cosas (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas.

[2]. La arquitectura de dispositivos IoT se ha clasificado en 4 etapas. la primera capa es dispositivos IoT como sensores IoT, capacidad para sentir desplazamiento y comunicarse. La segunda capa es IoT gateway para la recopilación de datos de todos los recursos y combinados. La tercera capa es la capa de procesamiento de eventos, para recopilar la información del almacenamiento en la nube como motor de procesamiento. La última capa es la administración de la capa de aplicación o de la interfaz de programación de aplicaciones que actúa como una interfaz entre el explorador web, el panel y el portal web. En mención de lo anterior se optó por una plataforma de desarrollo que cumpla con los criterios de la arquitectura IoT.

El desarrollo de tarjetas embebidas ha permitido un avance sustancial en la implementación de sistemas de monitoreo y control usando IoT. [5]. En el mercado actual existe un gran número de tarjetas embebidas para aplicar IoT, como, por ejemplo: la tarjeta Photon de la empresa Particle, tarjetas embebidas ADABOX, Arduino MKRFOX1200, HUZZAH con ESP8266, WiPy, WeMos D1 mini, entre otras; algunas con plataformas propias en la nube para la gestión de los datos, procesamiento, visualización y otras que pueden utilizarse con plataformas externas, además de ser compatibles con diferentes marcas existentes en el mercado.

[6]. En la industria del IoT existen diversas plataformas web que ofrecen servicios encaminados para esta labor, algunas de ellas son: Particle, Adafruit, Arduino Cloud,

Cayenne, Thinger.io, aREST, ThingSpeak, Artik Cloud entre otras, cada una de ellas ofrece diferentes funcionalidades, ya sea de forma gratuita con algunas limitaciones, o de pago con altas funcionalidades para el manejo de gran cantidad de dispositivos e información. Aunque existen todas estas soluciones se optó por una plataforma de desarrollo con un potencial suficiente de costo muy bajo y de características similares a una Raspberry pi, esta tarjeta lleva por nombre Beaglebone Black, dentro de su característica principal es su función de open hardware con la posibilidad de crear un servidor local con características de memoria un poco mayor que su principal competidor. [8]. El uso de laboratorios en la enseñanza de asignaturas de control automático constituye una parte esencial en la preparación de los estudiantes como fue enfatizado en el NSF/CSS Workshop on New Directions in Control Engineering Education. [1]. Sin embargo, los recursos utilizados en los mismos son costosos, así como la cantidad de estudiantes es elevada en la mayoría de los casos.

[9]. Por todo lo planteado anteriormente es muy común el uso en las universidades de laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza del control. Son varios los ejemplos de laboratorios virtuales y remotos que se muestran en la actualidad. [10]. El grupo de educación en Automática del Comité Español de Automática (CEA-IFAC) ha desarrollado una página Web en la que se recopilan los recursos actuales en el área de los laboratorios virtuales y/o remotos, además de mostrar las clasificaciones de los mismos.

[4]. Presenta un laboratorio remoto basado en internet para la docencia de las asignaturas de automática en las titulaciones de ingeniero técnico industrial e ingeniero informático el cual busca romper con la labor docente tradicional y darles continuidad a las diferentes experiencias de laboratorio desarrolladas en las que se acumula tanto el conocimiento del profesor como el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

[3]. En su trabajo The Automatic Control Telelab, tiene como objetivo permitir a los estudiantes interactuar fácilmente con un conjunto de procesos físicos a través de Internet. El alumno puede ejecutar experimentos, cambiar los parámetros de control y analizar los resultados de forma remota. El telelab de control automático (ACT) permite al usuario elegir un controlador predefinido o sintetizar un nuevo controlador a través del entorno Matlab/Simulink, y probarlo en un centro real a través de una interfaz fácil de usar. Una característica adicional de ACT es su arquitectura, lo que permite una fácil integración de procesos para experimentos de control.

[3]. Los laboratorios remotos se encuentran en evolución constante y no se restringen a una sola temática, aunque los de Automática y Robótica son los más utilizados. Dadas las consideraciones anteriores. Este trabajo busca desarrollar estrategias que viabilicen la participación de estudiantes que por consideraciones de espacio geográfico y factores económicos se quedan sin participación activa de las temáticas desarrolladas en las asignaturas de control automático y a línea de profundización instrumentación electrónica de medida.

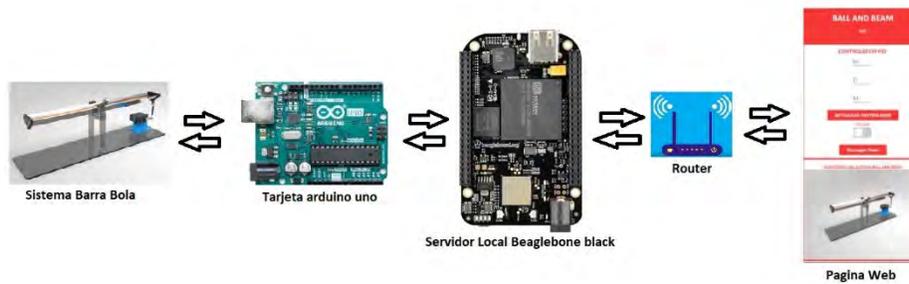
## 2. Descripción de la solución tecnológica implementada

Para el desarrollo del presente trabajo se integran 3 etapas: El diseño de una estructura mecánica para un sistema Ball and Beam, identificación a partir de los parámetros físicos del modelo matemático del sistema y el desarrollo de una interfaz gráfica en un entorno web con servidor local implementado en una plataforma Beaglebone Black para IoT. Estas etapas se realizaron con la finalidad de cumplir requisitos de conectividad virtual mediante la filosofía del internet de las cosas (IoT), con posibilidad de monitorear y controlar un sistema viga y bola desde ubicaciones remotas. Cada dato es recolectado por la red de sensores y actuadores acoplados con una tarjeta de desarrollo arduino (uno) como tarjeta de adquisición de datos, para luego procesarse y enviarse al servidor local (Beaglebone Black) el cual publica los datos en la página web. Así como el envío y recepción de datos de la aplicación web Cam mediante el protocolo TCP/IP de manera independiente. El sistema de internet de las cosas para el sistema propuesto se encuentra desarrollado bajo la arquitectura de tipo cliente servidor activa, es decir, tanto servidor como cliente procesan información. La (fig. 1) muestra el diagrama de la arquitectura cliente servidor implementada para la gestión IoT.



**Fig. 1.** Arquitectura cliente-servidor, pasos de intercambio de información Petición del Cliente (1). Procesado en servidor (2). Respuesta del servidor (3). Procesado en cliente (4).

Para el desarrollo IoT se utilizó la metodología de captura de datos, mediante una plataforma arduino haciendo uso del conversor analógico. posteriormente se implementó la tarjeta de desarrollo Beaglebone Black con el objetivo de montar un servidor local gracias a las particularidades del S.O debían para IoT. Para ello se verifico que la tarjeta esté conectada a la red con el uso de la IP proporcionada por el fabricante. Luego se configuro el servidor local y MQTT con el uso del software Putty. Para las peticiones del cliente se desarrolló una página web en java empleando PHP. El video en vivo de la transmisión de movimientos de la plataforma se capturo con la ampliación propia de la cámara web mediante TCP/IP, la (fig. 2) muestra el diagrama general del sistema.



**Fig. 2.** Sistema general con solución IoT implementado. En él se puede observar las etapas utilizadas, teniendo en cuenta que el acceso a la red es mediante un Router tanto para la Beaglebone y el usuario final.

### 3. Aspectos críticos y relevantes a resaltar y detallar.

En el ejercicio de investigar, desarrollar, innovar y en muchos casos construir es habitual encontrar aspectos negativos, estos intervienen en la consecución de los objetivos. Para este trabajo no fue diferente, por ello se listan algunos de los aspectos críticos y relevantes de los resultados obtenidos.

La construcción precisa de la plataforma juega un papel fundamental en desarrollo del sistema de control, pues hay variables como la distancia de la barra que incide directamente el sistema a controlar, por tanto, se debe partir de un modelo matemático el cual ya está establecido. De este se puede partir para una construcción de del sistema. Se debe garantizar que la fricción entre la barra y la bola sea mínima. Se opto por utilizar aluminio en la barra y una bola de acero con dimensiones específicas. Para esto se averiguo el ángulo máximo de inclinación de la viga, partiendo de las ecuaciones de rotación y traslación que se involucran en el sistema.

La utilización de materiales con sensación de robustez también son aspectos que se deben tener presente, pues para la construcción de la plataforma. Se uso materiales como el aluminio y plásticos resistentes. Que dan robustez a un equipo que es de uso estudiantil. En relación a la plataforma para IoT, cabe resaltar que el uso de tarjetas open source y open hardware, permiten minimizar costos en el desarrollo del sistema. No obstante, el proyecto puede realizarse en la plataforma que mas guste, alternativas a la Beaglebone black, seria Raspberry pi y plataformas arduino explore IoT kit y microchip IoT entre otras ofertas del mercado.

El soporte de video es un plus que se agregó al sistema, se utilizó una web cam en streaming, con la finalidad de que los estudiantes observaran los movimientos reales ejecutados desde la página web que actúa como interfaz remota de usuario. Aunque no es un aspecto crítico, se debe desarrollar siempre un manual de conexión del equipo, esto suma conexiones eléctricas y telemáticas. Pues se debe tener conocimientos básicos de informática que van desde conocer una dirección IP hasta identificar todo un grupo de direcciones. La interfaz es intuitiva y adecuada para estudiantes que están cursando las asignaturas ingeniería de control. Presencia de contaminación y pérdida de datos biológicos de crecimiento. En efecto, uno de los inconvenientes al trabajar con sistemas vivos es la pérdida de datos valiosos por causas bióticas y abióticas, limitando la disponibilidad de información para futuros análisis.

#### 4. Resultados obtenidos y su impacto

A través de las pruebas realizadas en las diferentes etapas del trabajo y en función de lograr cada objetivo es pertinente enunciar los resultados obtenidos mediante la observación y puesta en marcha del arduo trabajo. El desarrollo de la estructura mecánica se apoyo en los fundamentos teóricos de un sistema viga y bola, la tabla 1 muestra los valores calculados y medidos para la esfera.

**Tabla 1.** Condiciones de las variables a considerar en el uso de la esfera.

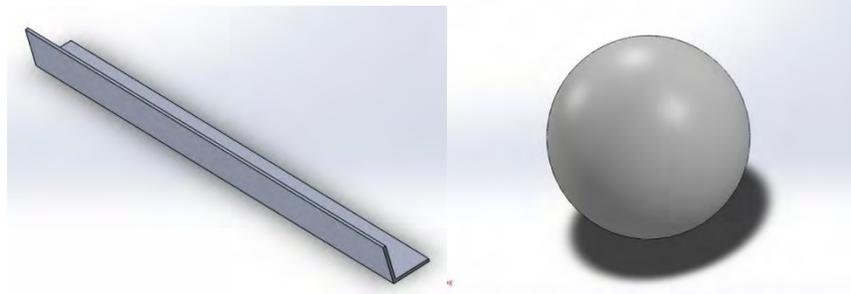
Diámetro	Radio	Masa	Volumen
36.5mm	18.5mm	0.20Kg	$2.54 * 10^{(-5)} m^3$

Las características de la esfera fueron fundamental en el diseño del sistema mecánico, sin embargo, esto no fue suficiente, se consideró que la carga de la viga no fuese excesiva, para tal efecto se usó una en aluminio ya que este tiene densidad muy pequeña. Como también baja elasticidad. Se uso una longitud de 50 cm. El ángulo de inclinación de las caras del carril sobre las cuales se desplaza la bola depende del máximo ángulo en que puede girar la viga, estos datos se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2.** Características de la viga.

Densidad	Elasticidad	Longitud	Ángulo
$2700 \frac{kg}{m^3}$	$7 * \frac{10^{10} N}{m^2}$	50 Cm	45°

El hardware seleccionado para mover la viga se seleccionó con características adecuadas en relación al torque, en ello se resalta un servomotor de referencia HS-485HB, con consumo de corriente máximo de 1500 mA, en relación a los mA para alimentarlo se consideró usar fuentes con 2A. Sin estos datos no habría sido posible un buen funcionamiento del sistema la deficiencia energética juego un papel importante en funcionamiento del mismo. La figura 3 muestra el resultado de la viga y la bola en diseño asistido por computador.



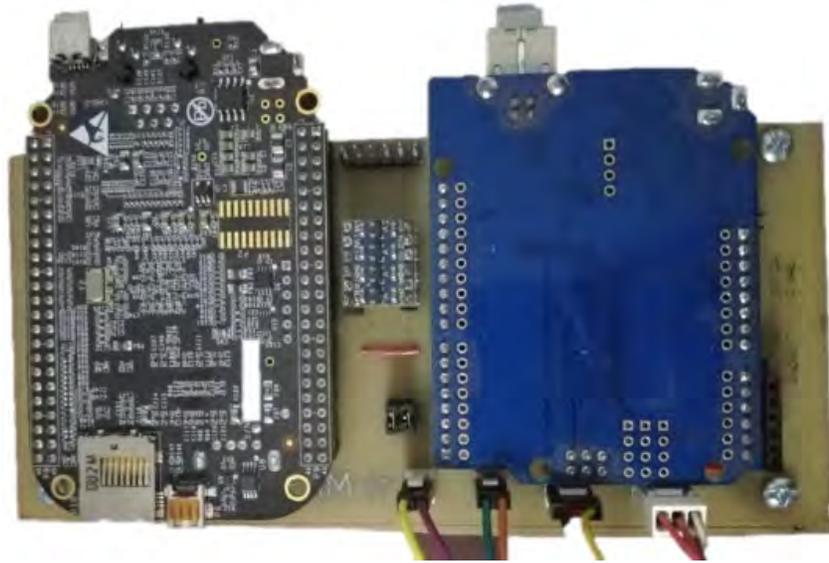
**Fig. 3.** Estructura mecánica de la viga y la bola, calculada y diseñadas en SolidWorks con la finalidad de modelar un buen proceso.

Además de estos se diseñaron otras piezas mecánicas como Soporte móvil para la viga, pestañas de ajuste entre soporte móvil y viga, finales de carrera de la viga, platinas verticales entre soporte móvil y la base, platinas horizontales de acople entre platinas verticales y la base, acoples de torsión, Eje de movimiento entre los acoples de torsión, brazo metálico del servomecanismo, base de servomecanismo y base de la plataforma, para un correcto acople entre el sistema en general, la figura 4 muestra el sistema construido para tal efectos.



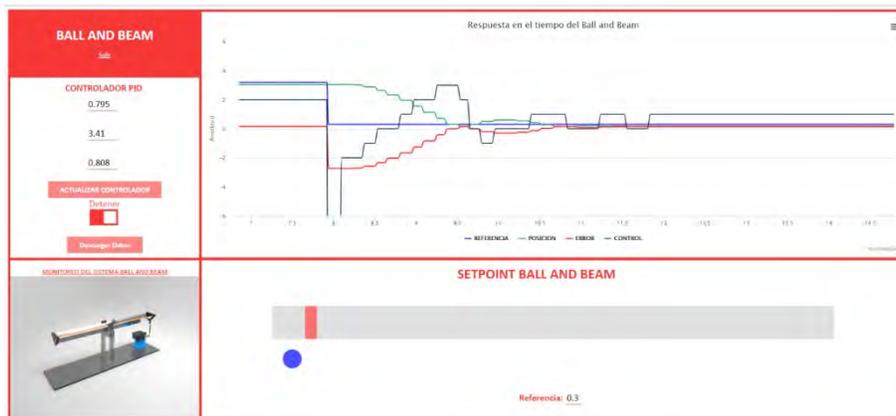
**Fig. 4.** Estructura del sistema barra y bola modelada en SolidWorks

El proceso de adquisición de datos se realizó con una tarjeta arduino uno acoplada a una Beaglebone black, la cual se utilizó como servidor local gracias a sus características de poder instalar un sistema operativo, en este caso debían para IoT, por supuesto que internamente se configuraron otras opciones para usar el protocolo MQTT gracias al software Putty especial para estos oficios. La figura 5 muestra el acople entre las dos tarjetas de hardware libre.



**Fig. 5.** Acople de las dos tarjetas, arduino uno y Beaglebone black en una Pcb o placa para montaje electrónico.

El desarrollo de la interfaz se ideó en un ambiente de programación como java, la arquitectura que se trabajó es la de cliente servidor activos, con ello se garantizan peticiones y procesos, tanto en la capa de sensores como en la capa de usuario, se procesa información y se emiten respuestas. La conectividad a la red se estableció mediante un router en el día de pruebas el proveedor del servicio con contrato vigente fue movistar, la red interna que se usó fue la red del laboratorio de instrumentación electrónica aplicada, los permisos se establecieron con el administrador de red para habilitar direccionamientos IP tanto para el acceso de usuarios y de la cámara web cam. Las pruebas fueron realizadas en su momento por los estudiantes del semillero INSEA, los cuales vivieron la experiencia de una práctica de ingeniería de control de manera remota con la posibilidad de observar como la estrategia de control PID se puede adaptar desde la interfaz a favor del diseñador, gracias a los botones interactivos que brindan la posibilidad de cambiar los parámetros del controlador y observar el comportamiento transitorio de la respuesta del sistema ante diferentes estímulos que este caso se traduce en posicionamiento de la bola. La figura 6 muestra los resultados de una de las pruebas ejecutando el sistema con una estrategia de control pid desde la interfaz gráfica de manera remota.



**Fig. 6.** Funcionamiento de la interfaz web, se observa la respuesta de un contralor PID ante un estímulo provocado por la referencia.

La figura 7 muestra el comportamiento del sistema dada las referencias, las cuales fueron enviadas desde la interfaz web y mediante el aplicativo de la cámara web cam, se capturo el video. Cabe resaltar que las pruebas se realizaron en una red interna de la universidad popular del cesar y en los hogares de los estudiantes del semillero INSEA. Con el objeto de verificar su correcto funcionamiento.



**Fig. 6.** Captura del sistema mediante el aplicativo web de la cámara.

La experiencia mostro gran favorabilidad entre la comunidad académica, los estudiantes expresaron que la herramienta favorece los procesos de enseñanza y aliviana en algunos aspectos la falta de herramientas remotas. El impacto entre los docentes fue de gran aceptación pues además de facilitar e integrar herramientas del contexto tecnológico como IoT, Vieron con buenos ojos la réplica de más prototipos como este.

## 5. Aprendizajes

La idea de desarrollar herramientas remotas bajo la filosofía del internet de las cosas llevo a la consecución de encontrar diferentes referentes en relación al desarrollo del sistema y la plataforma web, en este campo que es no es nuevo, pero se considera en algunos aspectos, existen diferentes posturas en relación al concepto y a las diferentes herramientas y protocolos al servicio de llevar cosas y objetos a la red. Por esta razón el camino fue retador, la selección de las tarjetas con características IoT siempre estuvieron en función de minimizar costos, pero con la esencia de guardar calidad en los datos a mostrar. Es decir que fuese amigable con partes fáciles de reemplazar y que al momento de replicar se pueda pensar en inversiones que estén al alcance.

Un aspecto a resaltar fue la elección de los materiales, al principio se trabajo con servomotores de uso didáctico con características muy bajas que funcionaron, pero la durabilidad y exposición al desgaste no los hacen merecedores de ser implementados, sirven para probar, pero el sistema por su estructura y tiempo de uso necesita elementos resistentes.

El uso de la Beaglebone no es muy conocido, esto nos llevo tiempo en estudiar su funcionamiento y la manera de programarla. Se puede usar otras que contengan mayor soporte por citar serian las Raspberry pi, o implementar plataformas en arduino con

herramientas de servicios IoT dedicados. Se debe mirar si son gratuitas o de pago. Hoy en día existen muchas maracas que ya incluyen el soporte de servidor y herramientas para trabajo en la nube. Con este trabajo se pretende incursionar a los estudiantes de línea de profundización de diferentes áreas a que incursionen en soluciones IoT teniendo en cuenta que en estos tiempos de Covid 19, se hace necesario llevar laboratorios remotos hasta nuestras pantallas.

## **6. Impactos no esperados**

El uso de la red interna retrasó el avance del sistema, los permisos de administración de red, demoraron las pruebas en los recintos universitarios. Para los estudiantes que se les socializo la idea a pesar de ser una herramienta intuitiva, al principio les genero confusión pues confundían la virtualidad con la conexión de objetos al internet de las cosas.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el semillero INSEA y forma parte del trabajo de grado “diseño y construcción de una plataforma de monitoreo y control para un sistema ball and beam haciendo uso del internet de las cosas, para la asignatura instrumentación electrónica ii de la línea de profundización”

Los autores desean expresar su agradecimiento al Dr. Oscar León Neira Bueno director del grupo de espectroscopia óptica y laser universidad Popular del Cesar. por su participación en el trabajo y al Ing. Cristian David chinchia Hinojosa.

## **Referencias**

- 1 Antsaklis, P.J. et al.: Informe sobre el Taller NSF/CSS sobre nuevas direcciones en la educación en ingeniería de control. Sist. Control IEEE. 19, 19(5)53-58 (1999). <https://doi.org/10.1109/MCS.1999.793442>.
- 2 Arivubrakan, P., Prema, K.: The routing based protocol technique for enhancing the performance metrics using MQTT in the Internet of Things. Mater. Today Proc. 2–2 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.070>.
- 3 Casini, M. et al.: The Automatic Control Telelab. IEEE Control Syst. 24, 3, 36–44 (2004). <https://doi.org/10.1109/MCS.2004.1299531>.
- 4 Domínguez, M. et al.: Laboratorio Remoto para la Enseñanza de la Automática en la Universidad de León (España). Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind. 2, 2, 36–45 (2010).
- 5 Rodríguez Aya, A.A. et al.: Sistema de control y telemetría de datos mediante una aplicación

móvil en Android basado en IoT para el monitoreo de datos. *Espacios*. 39, 22, 1–1 (2018).

6 Rodríguez Aya, A.A. et al.: Sistema de control y telemetría de datos mediante una aplicación móvil en Android basado en IoT para el monitoreo de datos. *Espacios*. 39, 22, 2–2 (2018).

7 Rodríguez Sotelo, J. et al.: Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión. *Sci. Tech.* 22, 4, 1–7 (2017). <https://doi.org/10.22517/23447214.13291>.

8 Santana, I. et al.: Aplicación del sistema de laboratorios a distancia en asignaturas de regulación automática. *RIAI - Rev. Iberoam. Autom. e Inform. Ind.* 7, 1, 1–1 (2010). <https://doi.org/10.4995/RIAI.2010.01.04>.

9 Santana, I. et al.: Aplicación del Sistema de Laboratorios a Distancia en Asignaturas de Regulación Automática. *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind. RIAI*. 7, 1, (1) 46-53 (2010). [https://doi.org/10.1016/s1697-7912\(10\)70007-8](https://doi.org/10.1016/s1697-7912(10)70007-8).

10 Santana, I. et al.: Sistema de Evaluación Automática VíaWeb en Asignaturas Prácticas de Ingeniería. *Rev. Iberoam. Automática e Informática Ind. RIAI*. 7, 3, (1) 111-119 (2010). [https://doi.org/10.1016/s1697-7912\(10\)70047-9](https://doi.org/10.1016/s1697-7912(10)70047-9).

## Un modelo para el seguimiento de cursos de capacitación

Idalia Flores de la Mota<sup>a</sup>, Alejandro Felipe Zarate Perez<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Circuito Escolar 04360, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México  
idalia@unam.mx

<sup>b</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, Cto. Exterior s/n, C.U., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México  
alejandro.zarate@unam.mx

### Resumen

El seguimiento de un curso en línea es de vital importancia para el desarrollo de este, ya que un seguimiento adecuado puede lograr que un curso alcance el objetivo de que finalicen la mayor cantidad de alumnos el mismo. Sin embargo, realizar este monitoreo en diversos cursos al mismo tiempo puede ser una labor muy compleja si no se tienen las herramientas adecuadas. En este trabajo se presenta un modelo para el seguimiento / monitoreo de cursos, desde una perspectiva de analíticas de la enseñanza, donde el seguimiento se realiza a los encargados de impartir el curso. Asimismo, se analizan los datos obtenidos por el modelo y se infieren las causas encontradas a través un análisis visual de los mismos.

**Palabras Clave:** e-learning, teaching analytics, continuing education, lms, moodle

**Eje temático:** 10. Soluciones e implementaciones disruptivas que posibiliten cambios en la universidad. b. Analítica de datos.

## Introducción

La Dirección de Docencia en TIC (DDTIC), perteneciente a la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM, imparte cursos en línea de educación continua y principalmente de cómputo, a través de la Coordinación de Capacitación Continua a Distancia, los cuales están dirigidos al público en general, la comunidad universitaria y a instituciones y empresas que los solicitan.

En el Reglamento General de Educación Continua de la UNAM, aprobado el 18 de marzo de 2016, se señala que la Educación Continua:

*“Tiene como finalidad complementar la formación curricular, profundizar y ampliar conocimientos en todos los campos del saber, capacitar y actualizar profesionalmente para contribuir al bienestar y desarrollo individual y social, bajo los criterios de calidad y pertinencia distintivos de la Institución. Dado el compromiso social de la Universidad, la educación continua está dirigida a la comunidad universitaria y público en general.”*

En el caso de la Dirección de Docencia en TIC, la oferta académica se enfoca principalmente en diversas áreas de conocimiento en cómputo e informática. En el año 2006 se creó un área para el desarrollo e impartición de cursos en línea, esta área comenzó con una oferta académica de 5 cursos, a lo largo de este tiempo, actualmente es la Coordinación de Capacitación Continua a Distancia, cuya oferta supera los 100 cursos, impartiendo talleres, cursos, conferencias, seminarios, congresos y diplomados en formato semipresencial y virtual.



**Fig. 1.** Sitio web <https://cursosenlinea.tic.unam.mx/aulavirtual.php>  
Para el presente trabajo analizaremos uno de los problemas operativos que se enfrentan de manera periódica en dicha Coordinación: *el monitoreo de los cursos en línea.*

## Descripción del problema

El monitoreo de los cursos en línea se refiere al seguimiento del avance del curso durante el periodo en que se imparte, este monitoreo es sumamente importante porque permite a las áreas encargadas del seguimiento escolar detectar los posibles problemas

que afectan y realizar una pronta intervención para que el curso finalice satisfactoriamente.

La impartición de los cursos en línea se realiza a través de un sistema Moodle, todo el curso se realiza dentro de esta plataforma, por lo que todas las actividades quedan registradas dentro de la base de datos del sistema, entre estas actividades tenemos: revisión de materiales, entrega de tareas, participación en los foros, etc.

Para cada uno de los cursos se designa un asesor, el cual se encarga de responder dudas, incentivar la participación de los alumnos y realizar la evaluación de las tareas.

Todas las actividades dentro del curso deben ser realizadas dentro del periodo determinado para el curso, por lo cual, cada actividad está planeada para ser entregada de acuerdo con la planeación de cada curso. Con base en el diseño instruccional de cada curso, se planean de manera que se revise un tema por semana, lo que implica que las semanas de cada curso corresponden con los temas contenidos en cada uno de ellos.

Por lo anterior, cada curso impartido debe seguir un calendario de entrega y revisión de actividades por parte de los participantes del curso: alumnos y asesor. Este calendario debe cumplirse para que el curso finalice sin contratiempos, ya que un retraso por parte de alumnos o asesor puede terminar en un abandono del curso, lo cual genera que solo algunos alumnos finalicen su curso satisfactoriamente.

Este seguimiento debe realizarse para todos los cursos que se estén impartiendo y determinar aquellos en los cuales haya un retraso en el calendario programado y por lo tanto es necesaria una intervención. Asimismo, es conveniente determinar la causa que provoca el retraso, con el propósito de realizar la mejor intervención posible.

Sin embargo, este seguimiento puede ser una tarea laboriosa que puede demorar demasiado tiempo si se realiza de forma manual y si no se realiza de manera diaria se pierde la oportunidad de una intervención adecuada.

Es por ello, que el propósito de este trabajo es describir la manera en que la automatización del análisis de los datos del sistema Moodle contribuye al monitoreo de cursos y aporta información precisa y oportuna respecto del estado de los cursos que se imparten.

El trabajo se enfoca únicamente en la parte descriptiva de los datos encontrados; sin embargo, al final se describirá de manera general como se continuará el análisis de los datos para intentar alcanzar el objetivo principal: *que todos los alumnos finalicen satisfactoriamente el curso.*

## Modelado del problema

Para realizar este monitoreo automático es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones.

Las actividades de cada curso están predeterminadas desde el comienzo del curso, es decir, estas no se mueven una vez comenzado el mismo. Esto nos permite saber la cantidad de actividades que se realizarán en cada curso.

Tomando esto en cuenta y para realizar el posterior análisis de información podemos decir que:

$$\text{Total de actividades curso} = \text{Número de alumnos} \times \text{Actividades planeadas del curso} \quad (1)$$

Por ejemplo, si para un grupo de 20 alumnos en un curso donde deben entregar 6 actividades (tareas) en todo el curso, tenemos que:

$$\text{Total de actividades curso} = 20 \times 6 = 120$$

Es decir, al finalizar el curso si todos los alumnos entregan todas las actividades

tendremos 120 actividades calificadas, con lo que habremos alcanzado el 100% de las actividades esperadas para dicho curso.

Por lo anterior, podemos calcular el avance que esperamos para “cada semana”, en este caso decidimos “cada semana”, debido a que recordemos que así están calendarizadas las actividades en el diseño instruccional de los cursos analizados.

Para ello, primero calculemos el avance esperado semanal:

$$\text{Avance esperado semanal} = 100 / \text{Número total de semanas (N)} \quad (2)$$

Por ejemplo, siguiendo con el ejemplo anterior para un curso que dura 4 semanas, tenemos que:

$$\text{Avance esperado semanal} = 100 / 4 = 25$$

Entonces para cada semana esperamos se realicen aproximadamente el 25% de las actividades totales del curso.

Con este Avance esperado semanal podemos calcular que para un curso que dura N semanas el avance esperado hasta la semana i es el siguiente:

$$\text{Avance esperado hasta la semana } i = \text{Avance esperado semanal} \times i \quad (3)$$

Por ejemplo, en nuestro caso, para el grupo de 20 alumnos en un curso donde deben entregar 6 actividades (tareas) en todo el curso, podríamos decir que para la segunda semana tendríamos un avance esperado de:

$$\text{Avance esperado semana } 2 = 25 \times 2 = 50$$

Es decir, a la mitad del curso esperamos que se hayan realizado el 50% de las actividades planeadas.

Cómo hemos mencionado antes, toda interacción entre los participantes se realiza dentro de la plataforma de cursos, por lo cual es posible calcular el *Avance real en el día correspondiente*. Este avance se refiere al conteo de las actividades finalizadas, es decir, aquellas actividades que los alumnos entregaron y que los asesores calificaron, si incumple alguna de estas condiciones no se considera finalizada.

En este caso no existe una fórmula para realizar dicho cálculo ya que solo es un conteo que realiza de manera automática el sistema respecto de las actividades consideradas finalizadas.

Con este avance real es posible definir un **Índice de avance**, el cual calcularemos de la siguiente manera:

$$\text{Índice de avance} = \text{Avance real en el día correspondiente} / \text{Avance esperado semana}$$

Este nos permitirá observar la evolución de los avances a lo largo del curso, es decir, como van evolucionando las actividades realizadas por alumnos y asesores durante el periodo del curso.

Sin embargo, debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los primeros 7 días no se calcula el índice, esto se debe a que, de acuerdo con la planeación del curso, la primera semana no tiene un avanzado esperado, por lo cual división sería entre cero.
- El escenario ideal para este índice debe ser siempre 1, ya que esto nos indicaría que los alumnos y asesores van realizando las actividades de acuerdo con la planeación del curso.
- Un valor por debajo de 1 nos dice que los alumnos no están entregando sus actividades o el asesor tiene pendientes actividades por calificar, más adelante detallaremos este escenario.
- Un valor encima de 1 indica que se realizan más actividades de las esperadas, lo cual

- puede implicar que su avance es más rápido que el planeado originalmente.
- Al finalizar el curso, el avance real debería ser máximo 1, esto porque de antemano sabemos todas las actividades que se realizarán y en el mejor de los casos todos los alumnos entregarán sus actividades.

### **Tipos de retrasos**

Cómo mencionamos antes, el índice de avance nos permite identificar los posibles retrasos que tiene un curso, por lo cual es necesario categorizar los posibles valores que se pueden obtener en este índice.

- *Sobresaliente*. Esta categoría se otorga cuando el valor del índice es mayor a 1, implica que las actividades se están realizando más rápido de lo planeado, por lo que el curso tiene un estado saludable.
- *Normal*. Esta categoría se otorga cuando el índice esta entre 0.75 y 1. Aunque el curso no ha alcanzado las actividades deseadas, el retraso no se considera como tal, ya que el día en que se obtiene el valor puede ser al principio de una nueva semana o al final cuando todos entregan y el asesor no ha tenido tiempo de revisarlas.
- *Atrasado*. Esta se otorga cuando el índice esta entre 0.5 y 0.75. Este valor ya se considera un retraso debido a que es muy probable que los participantes hayan dejado de entregar o que, incluso, el asesor tenga demasiadas actividades pendientes sin calificar.
- *Retraso significativo*. Esta es la categoría más baja, cuando el valor del índice es menor a 0.5. Este caso es el más grave de todos ya que cuando un curso cae en esta categoría puede ser porque los alumnos han comenzado a abandonar el curso, han dejado de entregar actividades desde hace tiempo o el asesor tiene una gran cantidad de actividades sin evaluar.

Asimismo, a estos retrasos es posible atribuirles una causa, las cuales describimos a continuación:

- *Actividades sin calificar*. Esta causa implica que la responsabilidad en el retraso es atribuible al asesor, ya que tiene actividades pendientes que fueron entregadas por los alumnos y no han sido evaluadas por él.
- *Inasistencia de alumnos*. Esta causa de retraso implica que los alumnos han comenzado a dejar el curso, es decir, llevan algún tiempo sin ingresar y por lo tanto no han entregado las actividades programadas
- *No se entregan actividades*. Finalmente, esta causa implica que los alumnos continúan entrando al curso, el asesor no tiene actividades pendientes de evaluar, pero no se entregan las actividades correspondientes.

Con todas estas definiciones es posible realizar el monitoreo automático de los cursos, a través de la explotación y posterior análisis de los datos que se originan en el sistema donde se realiza la interacción de los participantes con el curso en línea.

### **Solución del problema**

Para realizar el cálculo del índice correspondiente a cada curso fue necesario realizar la extracción de la información almacenada en la base de datos y procesarla a través de un lenguaje de programación.

En este caso de estudio la información de la base de datos estaba almacenada en un manejador MaríaDB y se utilizó el lenguaje de programación PHP para desplegar los resultados en una página web.

El sistema donde se almacena la información es un LMS Moodle, cuya base de datos tiene 455 tablas, de las cuales solo se utilizaron las siguientes para obtener la información necesaria:

- mdl\_grade\_items

- mdl\_modules
- mdl\_course\_modules
- mdl\_user
- mdl\_grade\_grades
- mdl\_grade\_items
- mdl\_course
- mdl\_groups\_members
- mdl\_groups
- mdl\_role\_assignments
- mdl\_role
- mdl\_context

### **Cálculo del índice del curso**

El proceso para realizar el cálculo del índice de un curso es el siguiente:

1. Obtener los miembros del grupo.
2. Obtener las actividades que deben entregarse.
3. Obtener las actividades entregadas por los alumnos.
4. Realizar el conteo de las entregas.
5. Calcular el índice de avance del curso.
6. Clasificar el resultado del índice.

El proceso anterior se repite para todos los cursos que tenga un grupo impartándose al momento de solicitar el estatus de los cursos.

El reporte puede ser generado en cualquier momento, basta con ingresar al enlace correspondiente para realizar los cálculos antes descritos y transformar los datos almacenados en información sobre el estado de los cursos.

Un ejemplo del resultado de este proceso se muestra a continuación:



Fig. 2. Reporte de estado de los cursos

Aunque el reporte se genera en cualquier momento, para realizar el análisis de los datos a través del tiempo se ha establecido una tarea programada para que este se genere todos los días a las 7 de la mañana.

El resultado de esta ejecución se guarda en una base de datos distinta, la cual funciona como un *Data Warehouse* con un esquema de estrella, donde las tablas de dimensiones son Curso, Asesor, Actividad y Tiempo. Mientras que la tabla de hechos registra las siguientes métricas: idcurso, idasesor, avance real, avance esperado, inicio del curso, día del curso, cantidad de alumnos, tipo de retraso, causa del retraso y la fecha en que se originaron los hechos.

## Análisis de resultados

Utilizando el método antes descrito, tenemos un conjunto de registros correspondientes a todo el año 2020, durante este año se registraron 4776 hechos. Los cuales corresponden a 61 cursos impartidos en 27 periodos distribuidos a lo largo del año.

## Cantidad de cursos monitoreados

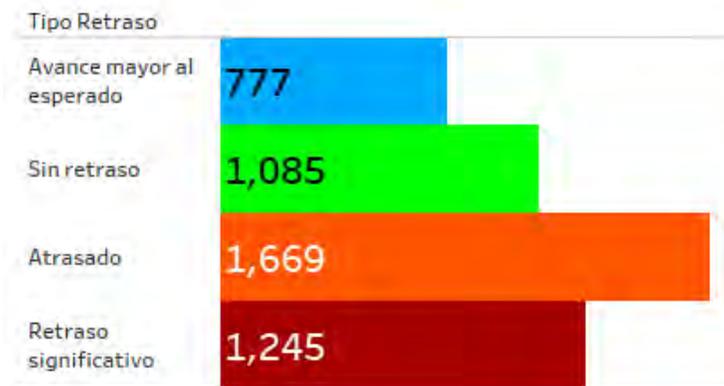


**Fig. 3.** Cursos durante 2020.

La figura anterior muestra la cantidad de cursos que requirieron un monitoreo constante durante el año 2020, como se puede observar hay claramente dos periodos definidos dentro del año, esto se debe a que durante las vacaciones administrativas de la Universidad se suspende todo tipo de actividad, incluso en línea.

Asimismo, vemos que durante algunos periodos es necesario realizar el monitoreo de más de 25 cursos, lo cual podría requerir de personas dedicadas por completo a ello.

En la siguiente figura se muestran los índices observados durante el año 2020, los cuales fueron contados después haber sido catalogados según los criterios antes mencionados.

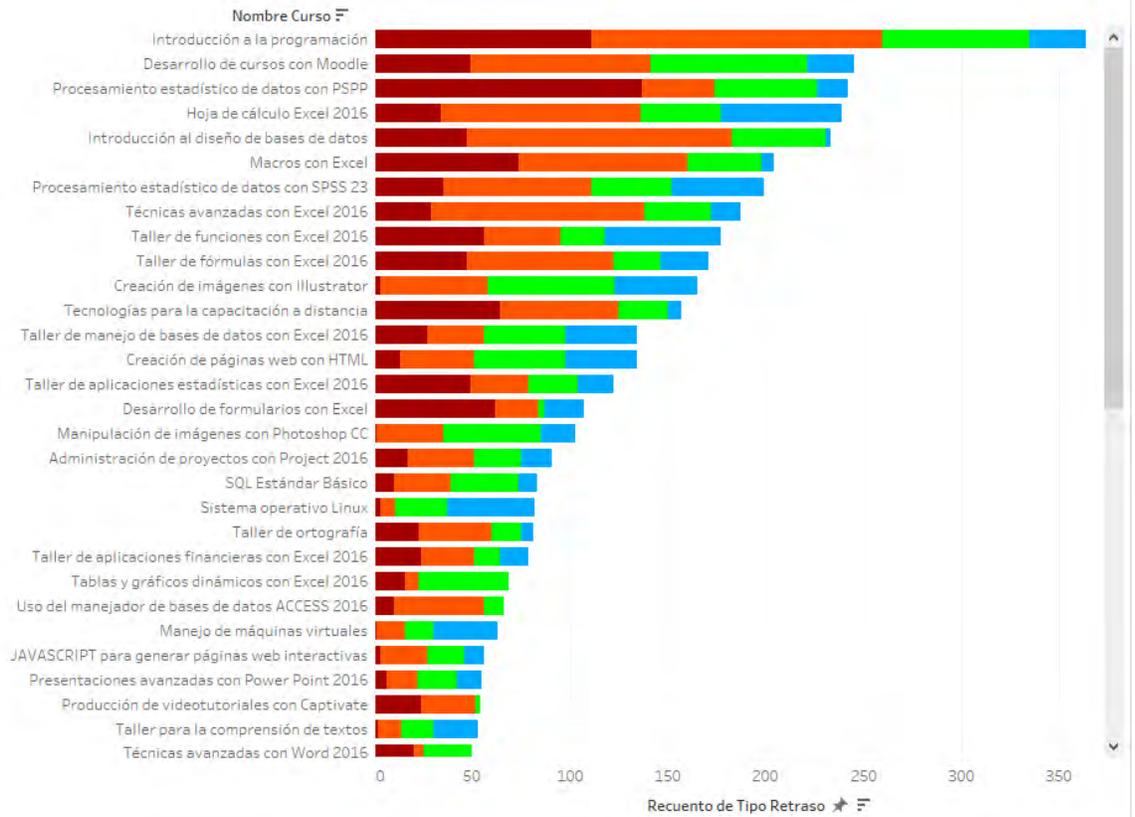


**Fig. 4.** Índice de avance observados durante en el 2020

Lo que podemos observar es que el 61% de todas las observaciones registradas presento algún tipo de retraso, incluso, el 26% de las observaciones corresponden a un retraso significativo, lo que probablemente implica que más de la cuarta parte de los cursos impartidos no alcanzaron un índice de avance satisfactorio al final del curso.

Lo anterior nos lleva a realizar una revisión del mismo tipo, pero por cada uno de los

cursos impartidos durante el año.

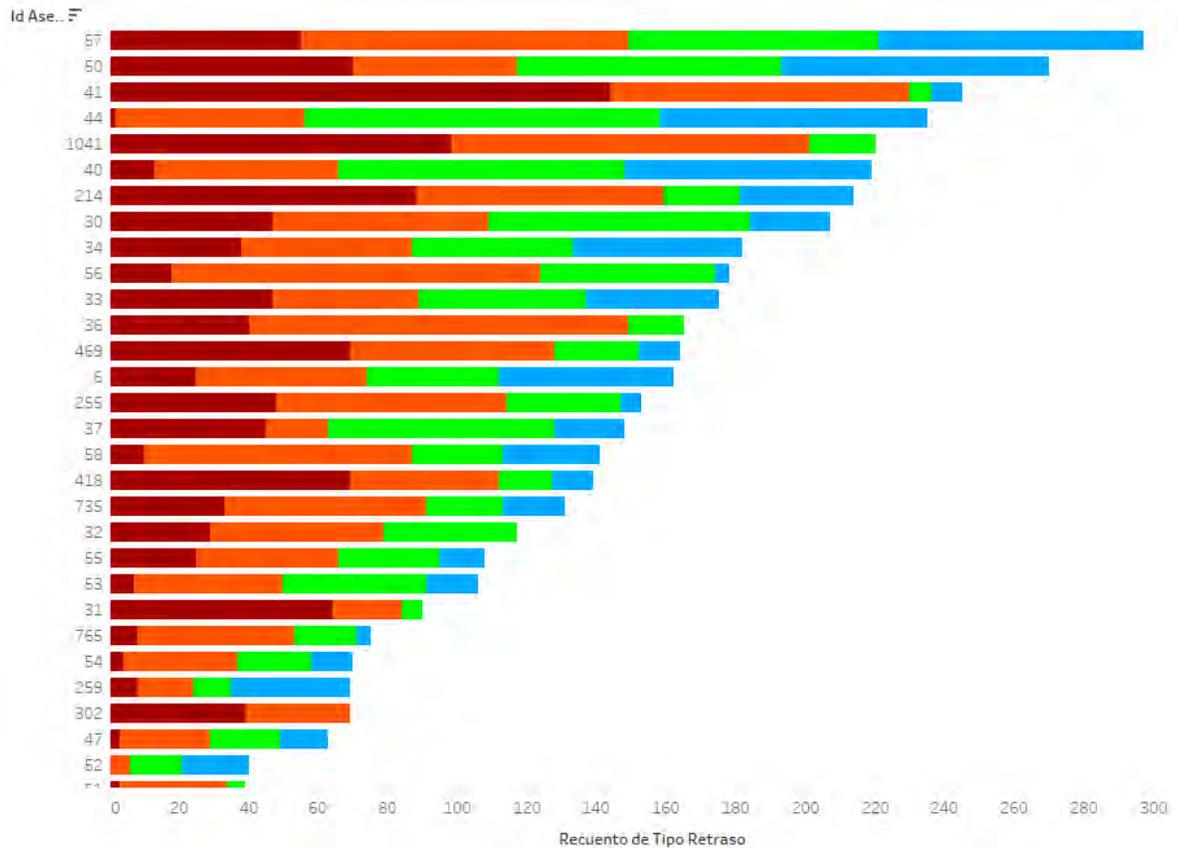


**Fig. 5.** Retrasos observados por curso.

La figura nos muestra los cursos ordenados por la cantidad de observaciones realizadas, en este caso un mayor número de observaciones corresponde a un mayor número de veces que fue impartido.

La codificación de colores por curso corresponde a la figura 4, por lo que podemos observar de acuerdo con estos colores, aquellos cursos que presentan una mayor cantidad de retrasos, e incluso, cursos que siempre presentan algún tipo de retraso.

De forma análoga realizamos el mismo análisis, pero esta vez por asesor, la siguiente figura muestra los resultados.



**Fig. 6.** Retrasos observados por asesor

Esta figura nos permite identificar los valores observados en los retrasos de los asesores, al igual que pasaba con los cursos, el tamaño de barra implica una mayor cantidad de cursos asesorados; y de acuerdo con la codificación de colores, esperamos que un asesor tenga un mayor tamaño de colores verde y azul, ya que estos implican que no tuvo retrasos observados.

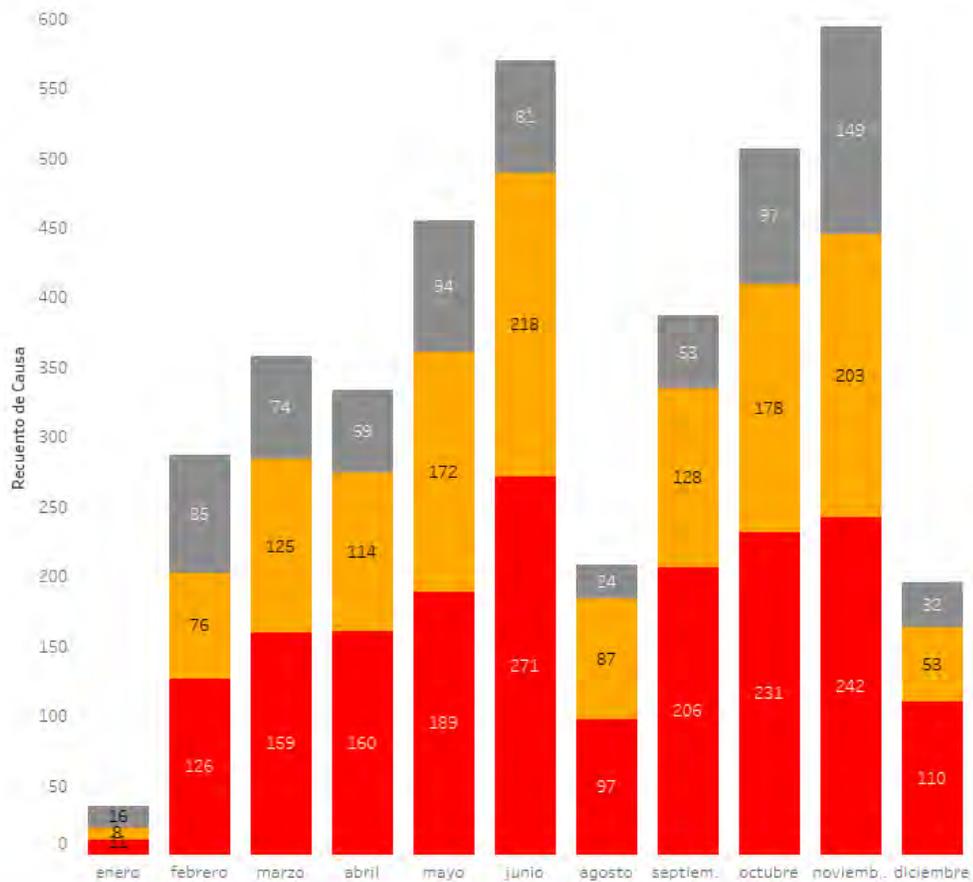
Sin embargo, observamos que tenemos muchos casos donde la mayor parte de observaciones corresponden a colores rojo y naranja, es decir, algún tipo de retraso. El siguiente análisis que realizaremos será de las causas que originaron los retrasos.



**Fig. 7.** Causas observadas durante 2020

De manera general podemos observar que la inasistencia de alumnos es la mayor causa observada, más del 45%; es decir, la deserción de alumnos es muy alta.

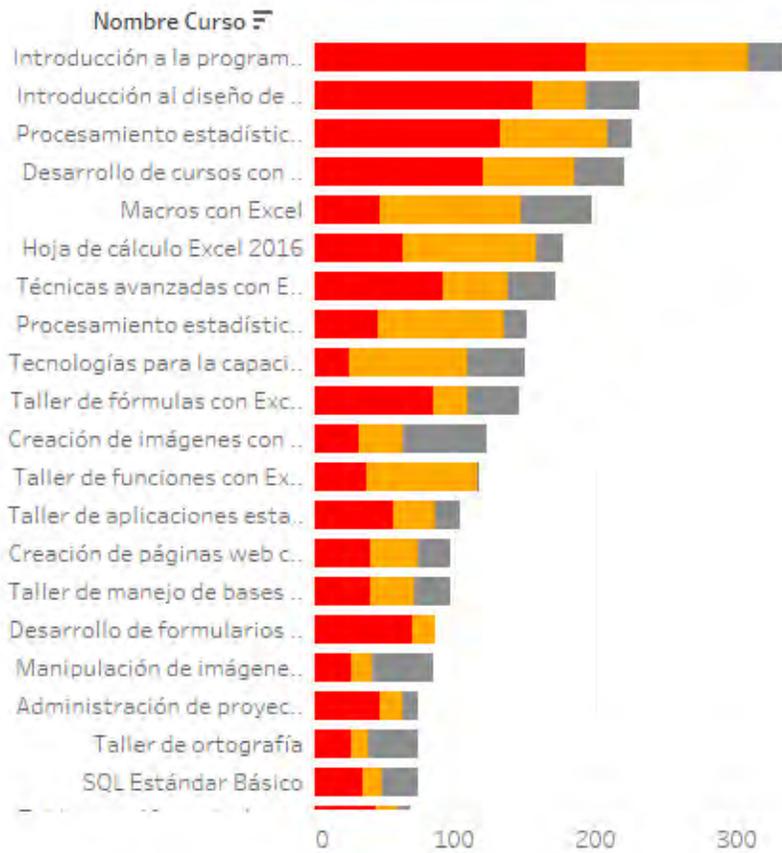
La siguiente figura muestra las causas que originaron los retrasos en las figuras anteriores, de manera general observamos dichas causas por mes.



**Fig. 8.** Causas de los retrasos por mes

En esta vista mensual observamos que la inasistencia de alumnos se mantuvo de manera constante como el principal motivo de los retrasos durante todo el año. Sin embargo, la causa de retrasos en la calificación también es un motivo importante en los retrasos, y este motivo es atribuible a la tardanza en la evaluación de las actividades por parte de los asesores.

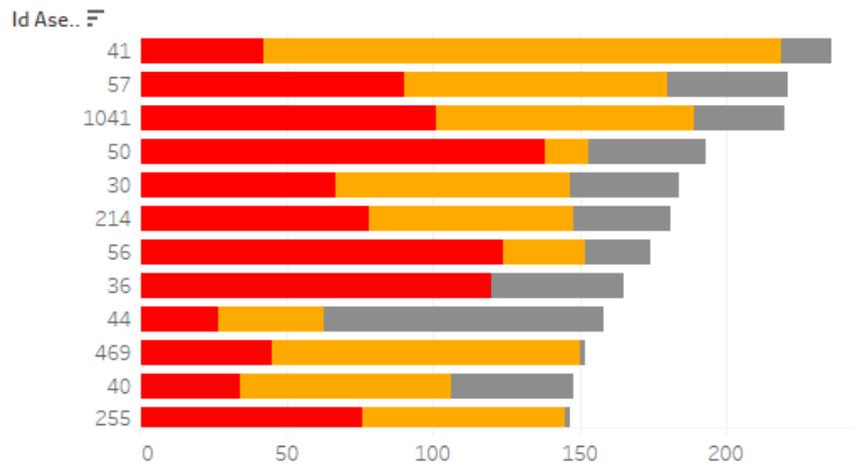
Para revisar que sucede con los retrasos por curso tenemos la siguiente figura.



**Fig. 9.** Causas observadas por curso

En la figura observamos que la inasistencia de alumnos no es siempre la causa principal para los retrasos, vemos cursos donde la causa principal es el retraso en las calificaciones de las actividades por parte de los asesores.

Por lo cual la siguiente figura muestra las causas observadas por asesor.



**Fig. 10.** Causas observadas por asesor

La figura nos muestra que algunos asesores tienen como principal causa el retraso en sus calificaciones. Esta causa debería siempre ser la menor de ellas, ya que *depende por completo del asesor*, si este realiza las evaluaciones en tiempo y forma no debería, existir retrasos observables en los cursos por causa de este motivo.

## Conclusiones

El análisis de los datos proporciona una gran cantidad de información para el monitoreo de los cursos en línea. Sin embargo, para que toda esta información sea útil es necesario que se genere de manera oportuna, ágil y esté disponible para las áreas encargadas de este monitoreo.

Asimismo, como se describió a lo largo del trabajo es de vital importancia que el desarrollo de esta automatización se realice con total conocimiento del negocio, de los objetivos de este y de las reglas que se deben cumplir para que los datos puedan ser transformados en información que permita tomar decisiones para que los cursos finalicen satisfactoriamente, es decir, el índice final de avance sea el mayor posible.

Por lo cual es necesario que la forma en la que se presenta la información del estado de los cursos sea lo suficientemente llamativa y simple, pero sin dejar de estar completa, ya que a partir de la información generada se intenta que se tomen las decisiones adecuadas para cada curso: desde acercarse a los alumnos para conocer las causas de la deserción, hasta realizar una revisión didáctica del curso si este presenta el mismo tipo de problemas de manera recurrente.

Sin embargo, aunque las capacidades analíticas de este trabajo se quedan solo en el tipo descriptivo, ya que solo se analizan de manera exploratoria los datos y en algunos casos se pueden inferir las causas, esta automatización en el monitoreo tiene el propósito, en un futuro cercano, de alcanzar una capacidad analítica prescriptiva.

La cual se está trabajando en un proyecto integral, donde los datos están siendo procesados para analizar las causas que llevaron a que los índices de cada curso hayan alcanzado el valor observado.

Y posteriormente, con los mismos datos recopilados se utilizará un modelo de regresión múltiple sobre las métricas recopiladas en la tabla de hechos para identificar si el asesor designado es determinante en la mejor finalización de un curso. Con lo cual se podrá estimar la finalización de cada curso de acuerdo con el asesor asignado.

Finalmente, con la finalización de cada curso estimada por asesor, se propondrá una asignación óptima para todo el conjunto de cursos que se impartan en un periodo dado. Considerando que el objetivo es obtener el índice final de avance más alto posible con la menor variación entre los cursos del mismo periodo.

## Referencias

- 1 Aretio, L. G. (2019). El problema del abandono en estudios a distancia. RIED. Revista Iberoamericana, 245-270.
- 2 Dean, J. (2014). Big Data, Data Mining and Machine Learning. Wiley.
- 3 Jones, P. B. (2014). Communicating Data with Tableau: Designing, Developing, and Delivering Data Visualizations. O'Reilly Media.
- 4 Sabulsky, G. (2019). Analíticas de Aprendizaje para mejorar el aprendizaje y la comunicación a través de entornos virtuales. Revista Iberoamericana De Educación, 13-30.
- 5 Shane Dawson, Srecko Joksimovic, Oleksandra Poquet, & George Siemens. (2019). Increasing the Impact of Learning Analytics. In Proceedings of the 9th International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 446–455.
- 6 Taha, H. A. (2012). Investigación de operaciones. México: Pearson.

# **Desarrollo e implementación de un sistema de inteligencia de negocios en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica**

Francisco Durán Montoya<sup>a</sup>, Rolando Rojas Coto<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones, Universidad Estatal a Distancia,  
San José, Costa Rica  
fduran@uned.ac.cr, rorojas@uned.ac.cr

## **Resumen**

El presente trabajo realiza una descripción del proyecto de desarrollo e implementación de un sistema de indicadores utilizando tecnologías de inteligencia de negocios en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Este trabajo incluye un resumen de la metodología utilizada, así como las diferentes fases identificadas por un equipo de trabajo multidisciplinario permitieron cumplir con expectativas institucionales en materia de la información requerida para la toma de decisiones en mejora de la gestión institucional. Se presentan además detalles de la infraestructura y tecnología seleccionada para implementar el proyecto, así como los resultados de una evaluación aplicada a usuarios finales del sistema. Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo del proyecto, así como posibles trabajos futuros que se pueden derivar de la solución implementada.

**Palabras Clave:** sistemas transaccionales, inteligencia de negocios, calidad de datos, almacén de datos, analítica.

**Eje temático:** 10.Soluciones e implementaciones disruptivas que posibiliten cambios en la universidad.

## 1. Introducción

La Universidad Estatal a Distancia (UNED) es una institución de educación superior pública costarricense, creada el 3 de marzo de 1977, “especializada en la enseñanza a través de los medios comunicación social” [1]

Su misión consiste en brindar opciones de educación superior a los diversos sectores de la población nacional “especialmente a aquellos que por razones económicas, sociales, geográficas, culturales, etarias, de discapacidad o de género, requieren oportunidades para una inserción real y equitativa en la sociedad” [2].

Para lograr esta misión, la UNED hace uso de diversos medios y plataformas tecnológicas que permiten implementar un modelo de educación a distancia, el cual está centrado en el estudiante [2]. Asimismo, se apoya en el uso de sistemas de información transaccionales para realizar sus diferentes procesos de gestión, los cuales son utilizados por diversas instancias (direcciones, oficinas, centros, entre otros) quienes a su vez se encargan de mantener actualizada la información contenida en estos sistemas al mismo tiempo que la consultan para efectos de sus diversos procesos.

Debido a este gran acervo informático con que se cuenta en la UNED, el Consejo Universitario, desde 1997, acordó como parte de los objetivos del Centro de Investigación y Evaluación Institucional (CIEI) de la Vicerrectoría de Planificación: “Crear y mantener un sistema de información tanto institucional como del sector educación que facilite la toma de decisiones a las diferentes dependencias de la UNED”. [3]

Con el fin de consolidar y operacionalizar esta visión de un sistema de información basado en indicadores, se conformó un equipo de trabajo bajo la consigna de avanzar en el análisis de las posibilidades institucionales de desarrollo de una herramienta con las características visionarias que solicitó el Consejo Universitario de la UNED.

En este documento se hace una descripción de los resultados del trabajo interdisciplinario requerido para contar con el Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones y Gestión Institucional (SIATDGI), el cual es un sistema de inteligencia de negocios y almacén de datos, basado en tecnologías Microsoft, que permite consultar indicadores basados en la información institucional de los diferentes sistemas de información transaccional, habilitando el análisis descriptivo de los datos del acervo informático de la UNED.

Asimismo, se presenta la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto, la tecnología e infraestructura seleccionadas durante la implementación del sistema, así como los resultados de una evaluación del proyecto.

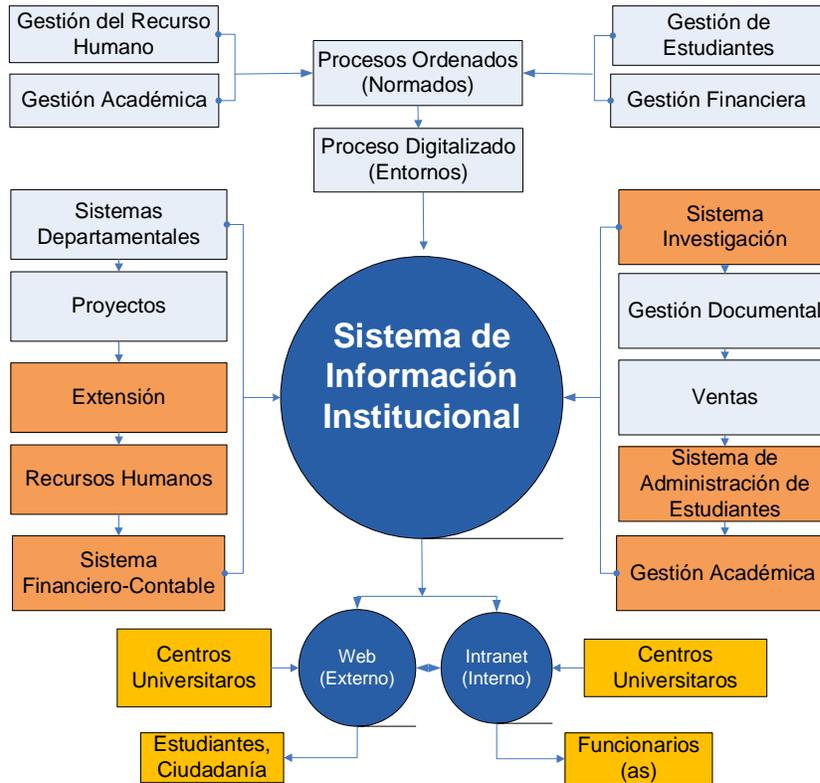
Finalmente, se presentan unas conclusiones a manera de aciertos y desaciertos, así como los trabajos futuros que quedan pendientes por realizar sobre el SIATDGI y proyectos conexos.

## 2. Antecedentes del Proyecto

Para la conceptualización de este Sistema de Información Institucional (SII) se creó un primer equipo de trabajo en el 2011, bajo la consigna de realizar un diagnóstico, así como la definición y conceptualización de un modelo de sistema. En este equipo participó tanto la Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones (DTIC) como ente técnico asesor, así como del Programa de Simplificación de Procesos y Gobierno Digital (PSPGD) ambas instancias a cargo de la Rectoría de la UNED.

En este equipo se realizó una conceptualización inicial del sistema como un integrador de otros sistemas transaccionales, según se muestra en la figura 1. Se visualizó tomar datos de todos los demás sistemas institucionales transaccionales, tanto de los existentes como de algunos sistemas nuevos que no existían en ese momento. Además, durante esta fase se ubicó una fuente de financiamiento por medio de un empréstito con el Banco Mundial bajo

la figura del Plan de Mejoramiento Institucional (PMI). [4]



**Fig. 1.** Conceptualización inicial de un Sistema de Información Institucional, constituido por la definición de los procesos y la consolidación de los sistemas transaccionales [4].

Posteriormente, desde la Vicerrectoría de Planificación se replanteó el equipo de trabajo, dándole una mayor importancia al CIEI, debido a que, como se indicó anteriormente, es el llamado a liderar estos procesos y con el diagnóstico realizado previamente, se comprobó que sí existían diferentes fuentes de datos (gestión estudiantil, recursos humanos, financiero-contable y gestión académica, entre otros), las cuales habían sido identificadas por el equipo anterior.

Otros participantes de este segundo equipo fueron la DTIC, el PSPGD, así como otras instancias facilitativas tales como: el Centro de Programación y Planificación Institucional (CPPI), el Programa de Valoración de la Gestión Administrativa y Riesgo Institucional (PROVAGARI, actual Programa de Control Interno, PROCI), y el Programa de Autoevaluación y Acreditación (PAA, actual Instituto de Gestión de la Calidad, IGESCA).

Este nuevo equipo se dio a la tarea de elaborar una propuesta que incluyera todos los requerimientos y condiciones mínimas necesarias para establecer este sistema en la UNED de manera que se pudiera apoyar la gestión y toma de decisiones de autoridades y mandos medios. [5]

Una vez analizada la viabilidad del proyecto, se procedió a trazar un objetivo para este sistema, el cual fue definido de la siguiente manera:

*El Sistema para el Apoyo a la Toma de Decisiones y la Gestión Institucional en la UNED, es una herramienta informática para las autoridades universitarias y mandos medios, de manera que cuenten con información de diferentes áreas estratégicas y tácticas en forma ágil, válida, confiable y oportuna.*

*Utiliza diversas fuentes, entre otras, los sistemas transaccionales actualmente en uso, para*

*seleccionar, organizar y almacenar información. Implica el mejoramiento y fortalecimiento de los procesos y sus correspondientes sistemas asociados, con el fin de prepararlos para generar la nueva información que se requiera para una gestión de excelencia. [5]*

Para el desarrollo de este proyecto se diseñó un plan de trabajo que incluía una serie de tareas cuyo fin último era la implementación del sistema de apoyo a la toma de decisiones, llamado SIATDGI, según se detalla a continuación.

### **3. Metodología y fases del proyecto**

Para llevar a cabo el sistema se definió una metodología que permitiera dividir el trabajo en diferentes etapas de manera evolutiva y con el fin de concretar una solución de inteligencia de negocios que tuviera la posibilidad de consultar los indicadores de información por medio de un panel de información (*dashboard*) el cual es definido durante la misma metodología de trabajo.

A continuación, se detallan las diferentes fases y cuando corresponde, se describen los diferentes productos de cada una de las etapas.

#### **3.1. Identificación de áreas y necesidades de información**

Durante esta primera etapa se realizaron sesiones de trabajo para definir las áreas de información que deberían ser consideradas como fuentes de información según las prioridades institucionales. Para esta labor se realizaron sesiones con autoridades, jefes, directores y usuarios administradores (dueños) de los sistemas de información.

Al finalizar esta fase, se definieron las siguientes áreas prioritarias a nivel institucional, con base en su pertinencia y en la capacidad de brindar fuentes de datos que permitieran obtener esta información:

**Gestión Estudiantil.** Consiste en los datos personales históricos de los estudiantes, incluyendo el registro (matrícula), carreras, información socioeconómica básica, rendimiento académico, entre otros.

**Gestión Académica.** Consiste en todos los datos de los cursos y su oferta, así como las carreras, materiales y modelos de evaluación, entre otros.

**Gestión Administrativa (Financiero).** Se trata de información referente a ingresos, egresos, contabilidad, presupuesto, activos e inventarios, entre otros, referente principalmente a los sistemas financieros, contables y de presupuesto.

**Gestión del Talento Humano (Recursos Humanos).** Conteniendo la información del recurso humano con la que se cuenta en la Institución. Dentro de sus fuentes se encuentran todos los puestos, movimientos, planillas y remuneraciones, etc.

**Calidad.** Esta es un área muy importante para cumplir con los requerimientos de información de los procesos de acreditación de carreras. Entre los datos contemplados se encuentra información de otras áreas previamente definidas pero capturadas de manera específica para estos procesos de calidad, como por ejemplo información de becas, graduaciones, rendimiento, seguimiento de graduados, acceso y utilización de materiales, entre otros.

**Tecnología de Información.** El uso adecuado de la tecnología es un factor clave de éxito de la UNED debido al uso intensivo de diversos medios y plataformas tecnológicas. Por esta razón se mantuvo un área para manejar datos referentes a los medios, accesos, activos y recursos disponibles a nivel tecnológico.

#### **3.2. Identificación de usuarios y niveles**

Una vez definidas las áreas prioritarias de la información, se identificaron los usuarios claves que requieren acceder a dicha información, así como aquellos que son los

proveedores de todos estos datos, los cuales quedaron de esta manera:

**Autoridades.** Definidos como el rector, vicerrectores y miembros del Consejo Universitario, quienes deben tener acceso completo al sistema.

**Mandos medios.** Conformado por direcciones, jefaturas y demás coordinaciones quienes tienen acceso según el área de cada dependencia a la que representen.

**Estudiantes.** Correspondiente a todos los estudiantes de la UNED los cuales deberían tener acceso a información de sus diferentes servicios.

**Usuarios externos.** Definidos como las otras instituciones ya sean organismos públicos o privados.

**Administradores de sistemas.** Consiste principalmente los proveedores de la información de los indicadores.

Con varios de estos usuarios se aplicaron entrevistas para revisar cuáles eran sus necesidades de información específica y se realizó un cotejo de los instrumentos metodológicos consolidados para definir posteriormente los indicadores requeridos para el desarrollo del proyecto, según se detalla en la etapa **Identificación de indicadores**.

### 3.3. Mejoras a sistemas transaccionales y desarrollo del proyecto

Esta fase se planteó como transversal ya que una vez definidos los indicadores, se debía realizar un inventario de cuáles sistemas pueden proveer la información y, por lo tanto, en los casos donde no hubiera una fuente de datos definida, sería necesario realizar mejoras en cada transaccional según las necesidades de información.

Asimismo, en esta fase se plantea la contratación de proveedores con el financiamiento del PMI con el fin de realizar la implementación del sistema. Los detalles de esta fase se pueden ver en el capítulo de **Implementación del proyecto**, la cual se detalla más adelante.

### 3.4. Identificación de indicadores

Para la identificación de cada uno de los indicadores del proyecto se utilizó una guía de entrevista como instrumento metodológico donde se logró capturar toda la información de cada uno de los usuarios claves del sistema, según se muestra en la Tabla 1.

A cada uno de los participantes se les consultó para cada indicador, de acuerdo con sus necesidades, el nivel o cantidad de desagregaciones requeridas, así como la importancia relativa para la toma de decisiones basado en el criterio experto del participante, además de la frecuencia de uso (mensual, cuatrimestral, anual, entre otros), la fuente de la información (en caso de existir y tener este dato claro) y finalmente, también basado en este criterio experto, se solicitó identificar el nivel de la calidad de la información percibida por cada usuario.

**Tabla 1.** Guía de entrevista para la generación de indicadores según los usuarios y roles definidos.

Indicador	¿Qué tan importantes para su toma de decisiones?	Frecuencia de solicitud	Fuente de la información	Confiable de la información
	No es	men	dep	No es

Nombre y Posible desagregación	Importante Poco importante Mediamente importante Muy importante Indispensable	Sual cuat rime stral anua l otro	end enci a pers ona siste ma	confiable, Poco confiable, Mediamente confiable Muy confiable Totalmente confiable
Indicador <sub>r1</sub>				
Indicador <sub>r2</sub>				
Indicador <sub>rN</sub>				

Con estos insumos se realizó una tabulación con Microsoft Excel y se encontraron todas las coincidencias de indicadores, para lo cual, posteriormente se priorizaron basados en la cantidad de ocurrencias del indicador, así como su nivel de importancia percibida.

Posteriormente, se estableció un formato de ficha para describir este indicador donde se tabuló por completo todos los datos de cada indicador incluyendo, entre otros datos: codificación interna, nombre del indicador, una descripción detallada, fórmulas de cálculo, interpretaciones de la información cuando corresponda, periodicidad, fuente de información incluyendo la dependencia responsable y el sistema, forma de representación (tabla, gráficos, etc.) y sus usos posibles.

Esta información sirvió de base para la implementación del indicador en el sistema de inteligencia de negocios y además se confeccionó una segunda tabla por indicador donde se detalla, a nivel de los sistemas de información, todos los campos y tablas que sirven de origen de datos para la generación de los indicadores.

### 3.5. Infraestructura

Una vez que se contara con una solución, dependiendo de la tecnología utilizada, en esta fase se considera el aprovisionamiento de los servidores y demás detalles de la implementación física tanto a nivel de bases de datos (*back end*) como de aplicativos de *front end*. Los detalles finales del proyecto y su estado actual en materia de infraestructura se pueden ver en el capítulo de **Implementación del proyecto**.

### 3.6. Calidad de datos

Uno de los puntos discutidos durante el proyecto, es que la calidad de los datos de los transaccionales no siempre es la mejor. Principalmente porque muchos de los sistemas transaccionales datan de hace varias décadas donde los controles en la entrada de datos no eran los óptimos. Asimismo, con el desarrollo de nuevos requerimientos se pueden generar brechas de información ya que los datos que se requieren con el pasar del tiempo, no necesariamente existían anteriormente y por lo tanto en un acervo de tantos años es posible que las brechas de datos actuales, sean bastante altas.

Por lo anterior, se plantea un análisis y depuración de datos como otra fase importante del proyecto con el fin de reducir cualquier brecha y además para la implementación de controles para evitar el ingreso de información errónea de parte de los usuarios finales de los sistemas.

## 4. Implementación del proyecto

Como se indicó anteriormente, el desarrollo de este proyecto fue financiado con fondos del Banco Mundial en el marco del PMI, conocido en la UNED como el Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI). Este proyecto plantea una serie de mejoras requeridas para los transaccionales con que cuenta la Institución, así como el desarrollo de un “sistema de información que genere indicadores, variables y otra información relevante para apoyar la gestión institucional y la toma de decisiones” [6].

La contratación de este sistema se hizo en 3 diferentes etapas, en las cuales se dividieron los indicadores en las áreas prioritarias definidas y en total se lograron desarrollar casi 200 indicadores, según el proceso que se detalla a continuación.

### 4.1. Proceso de contratación y desarrollo del sistema

Las tres etapas de desarrollo de los indicadores se dividieron de la siguiente manera por medio de diferentes contrataciones, así como diferentes contratistas:

**Etapla 1.** Desarrollo de los módulos de gestión estudiantil y gestión académica con un total de 92 indicadores.

**Etapla 2.** Desarrollo de los módulos de gestión administrativa (financiero, contable y presupuesto) y gestión del talento humano (recursos humanos) con un total de 56 indicadores

**Etapla 3.** Desarrollo de los módulos de calidad y tecnología de información con un total de 36 indicadores.

Cada etapa se realizó utilizando la misma metodología de trabajo según las siguientes tareas y sus correspondientes entregables, según la siguiente distribución de trabajo:

**Tarea 1. Especificación de requerimientos.** Se realiza un análisis detallado de los requerimientos de negocios asociados a la generación de indicadores basados en las fichas entregadas. Como entregable se obtiene al finalizar: Documento de especificación de requerimientos

**Tarea 2. Diseño de la solución.** Corresponde a la creación del diseño del sistema de inteligencia de negocios asociado a los indicadores, incluyendo los elementos de interface de usuario y diseño arquitectónico (base de datos e infraestructura). El entregable consistían en un: Documento de Diseño

**Tarea 3: Desarrollo de la solución.** En esta fase se realiza el análisis de las fuentes de datos y se extrae la información de indicadores en el Almacén de Datos según los diseños realizados en la tarea anterior. Por lo tanto, en esta etapa se diseña el Almacén de Datos (*Data Warehouse*), así como todas las tareas de transformación, extracción y carga (ETL, por sus siglas en inglés). Asimismo, se implementan los cubos y los reportes

correspondientes. Entre los entregables de esta tarea se encuentran: el código fuente del sistema desarrollado incluyendo bases de datos, soluciones y reportes.

**Tarea 4: Pruebas.** Durante esta parte de la contratación se planificaron, ejecutaron y coordinaron las pruebas del sistema con usuarios administradores y usuarios finales y al final se realizó un informe de resultados del proceso de pruebas lo cual consiste en el entregable del mismo.

**Tarea 5: Implementación del sistema en ambiente UNED.** En esta tarea se implantaron las soluciones en ambientes de producción finales. Al finalizar se contó con un acta de entrega de la solución.

**Tarea 6: Capacitaciones.** Una vez contando con el ambiente de producción en la UNED, se procedió a planificar y ejecutar actividades de capacitación para usuarios administradores, usuarios técnicos y usuarios finales. Se entregaron las actas y listas de participantes al finalizar esta labor.

**Tarea 7: Cierre del proyecto.** Finalmente, como punto de cierre se entregó la documentación de soporte de los sistemas; incluyendo documentación técnica, así como documentación interna en el código fuente (manual técnico y de instalación); así como los manuales de usuario final. (manual de usuario), y un acta de cierre.

Para efectos de los pagos y reconocimiento del trabajo requerido para cada etapa se definió la distribución presentada en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Distribución de pagos e importante relativa del proceso de desarrollo, según tarea.

<b>Tarea</b>	<b>Porcentaje</b>
Especificación de requerimientos	15%
Diseño de la solución	20%
Desarrollo de la solución	40%
Pruebas	5%
Implementación del sistema en ambiente UNED	10%
Capacitaciones	5%
Cierre del proyecto	5%

Al finalizar cada una de las contrataciones se cuenta hoy en día con la solución en el ambiente de la UNED la cual se describe a continuación.

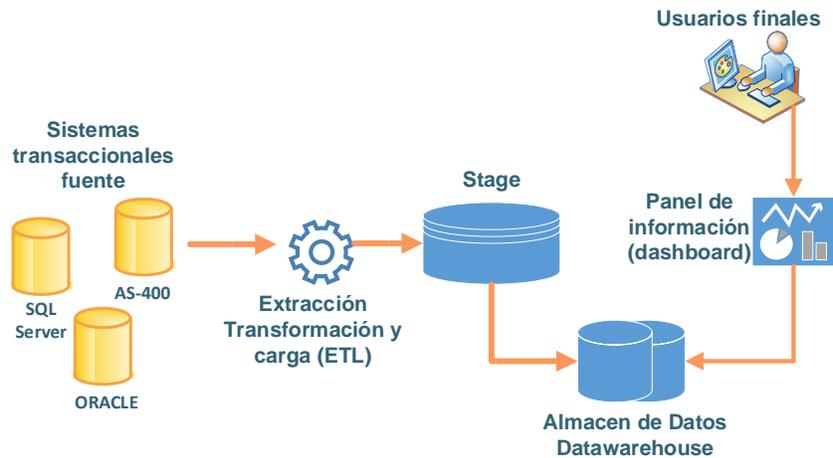
#### **4.2. Tecnología e Infraestructura implementada**

Una vez que se llevaron a cabo los diferentes procesos de contratación y que los mismos fueron recibidos a satisfacción en la UNED se cuenta con una solución bastante completa con todos los indicadores disponibles para ser consultados según los niveles de usuarios definidos en los procesos anteriores.

El detalle de la solución implementada, así como sus componentes tecnológicos se presentan en las siguientes secciones.

##### **4.2.1 Modelo lógico de la solución**

El modelo lógico de infraestructura está establecido por elementos que se interrelacionan entre sí para generar la información necesaria solicitada por el usuario. En la figura 2 se describe el modelo lógico, en el cual la infraestructura se desempeña utilizando los elementos importantes para el funcionamiento del SIATDGL.



**Fig. 2.** Modelo lógico del sistema de inteligencia de negocios desarrollado.

Dentro de los elementos principales de este modelo se encuentran los siguiente:

**Usuarios finales:** El usuario realiza la interacción al sistema mediante la presentación de un *dashboard*, las consultas las realiza conforme a los reportes y gráficos que presenta la solución.

**Panel de información.** También llamado *dashboard* es un sistema que permite concentrar y visualizar todos los reportes y gráficos del sistema, así como todo el manejo de la seguridad y roles.

**Almacén de datos.** Este componente es el que almacena toda la información ya procesada y lista para consumirse.

**Stage:** Es un componente intermedio donde se almacena la información previa a presentarse en el Almacén de datos.

**Extracción, transformación y carga.** En esta fase se realiza la consulta e importación desde el origen de los datos, en este punto se consulta directamente desde los motores de bases de datos de los sistemas transaccionales. Esta información se carga, extrae y transforma según se requiera.

**Sistemas transaccionales:** Consisten en la fuente primara de datos y que almacenan información en diferentes motores de bases de datos. En la UNED los motores principales son muy heterogéneos: DB2 de As-400, SQL Server para la mayoría de las aplicaciones web y escritorio; así como el sistema de bases de datos de ORACLE para aplicaciones de Recursos Humanos.

#### 4.2.2. Modelo de infraestructura física

La UNED cuenta con un centro de datos principal, así como un sitio alterno, los cuales están sincronizando información continuamente por medio de un enlace de fibra óptica. Actualmente algunos de los sistemas más importantes están siendo replicados, entre ellos el SIATDGI.

El sistema SIATDGI se encuentra dentro de la categoría “Oro”, la cual es la máxima entre las que se encuentran los sistemas de la UNED. La categoría “Oro” significa que el sistema es una de las aplicaciones más importantes que se tienen dentro del portafolio que se maneja desde la DTIC. El hecho que un sistema tenga esta clasificación implica que debe ser almacenada en la infraestructura con mayor capacidad, almacenada en los mejores y más seguros dispositivos servidores, equipos de comunicación y almacenamiento, además de utilizar los mejores enlaces de Internet para su publicación y también a nivel de respaldos de información.

El modelo de infraestructura tecnológica donde se aloja el sistema SIATDGI, contiene

los siguientes elementos que se necesitan definir antes de observar el modelo.

**Cubo OLAP.** Procesamiento Analítico en Línea (OnLine Analytical Processing), es una base de datos multidimensional, en la cual el almacenamiento físico de los datos se realiza en un vector multidimensional [7]. Estos cubos son la base del *DataWarehouse* desarrollado.

**SharePoint Server.** Solución de Microsoft de SharePoint, es una plataforma de colaboración empresarial, formada por productos y elementos de software que incluye, entre una selección cada vez mayor de componentes, funciones de colaboración, basado en el Explorador web, módulos de administración de proceso, módulos de búsqueda y una plataforma de administración de documento. SharePoint se puede utilizar para sitios de web host que acceda a espacios de trabajo compartidos, almacenes de información y documentos [7]. Este componente es el que alberga los paneles de información o dashboards desarrollados.

**SQL Server Integration Services (SSIS).** Consiste en el motor de almacenamiento de datos de SQL, equipado con funciones superiores de ETL [7]. Proporciona el vehículo para transferir información desde diferentes fuentes de datos y corresponde al proceso de extracción, transformación y carga.

**SQL Server Analysis Services (SSAS).** Es una herramienta de análisis multidimensional que cuenta con Online Analytical Processing y capacidades de minería de datos dentro de una base de datos relacional. [7]

**SQL Server Reporting Services (SSRS).** Es un marco de mecanismos de información, tales como el Report Builder, Report Designer, Report Manager y Report Server que trabajan juntos a través de una interfaz web para permitir la visualización de informes concisos interactivos en formato impreso o en web. [7]

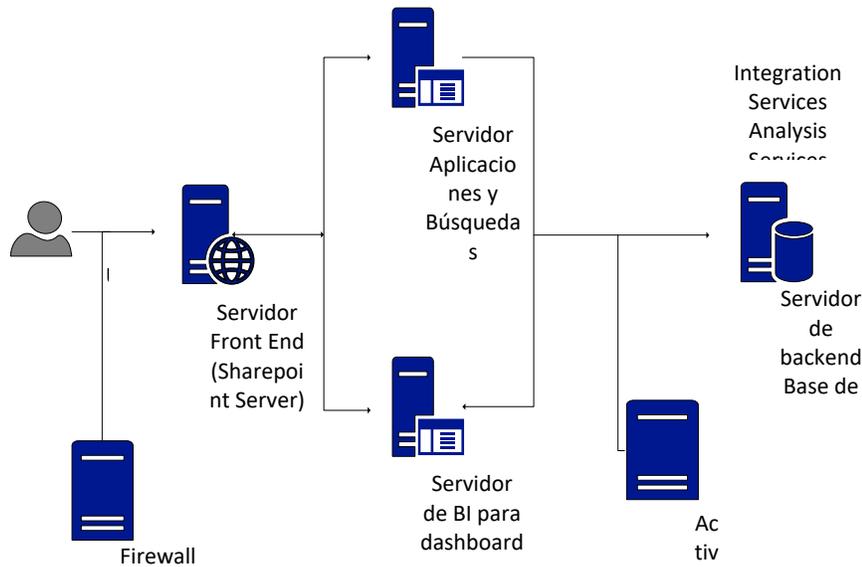
Utilizando estos conceptos, se detalla a continuación los componentes utilizados en la implementación de la infraestructura física del sistema de SIATDGI, la cual se divide en diferentes componentes según se muestra en la figura 3. Además, para cada componente se detallan las capacidades requeridas.

**Servidor de Base de Datos.** Contiene un sistema operativo Windows Server 2012 R2 Datacenter, con un rol de Base de Datos en MSSQL Server, los servicios que administra son: Analysis Services, Reporting Services, Integration Services [7]. A nivel de recursos el servidor cuenta con: Procesamiento de 6 Cores, 36GB de memoria RAM y un almacenamiento de 2.5TB.

**Servidor de Aplicaciones y Búsquedas.** Contiene un sistema operativo Windows Server 2012 R2 Datacenter, con un rol de servidor de aplicaciones, los servicios que administra son: SharePoint Application Server [7]. A nivel de recursos el servidor cuenta con: Procesamiento de 8 Cores, 16GB de memoria RAM y un almacenamiento de 325GB.

**Servidor de Front End y Caché Distribuido.** Contiene un sistema operativo Windows Server 2012 R2 Datacenter, con un rol de servidor de aplicaciones, los servicios que administra son: SharePoint Application Server [7]. A nivel de recursos el servidor cuenta con: Procesamiento de 8 Cores, 16GB de memoria RAM y un almacenamiento de 325GB.

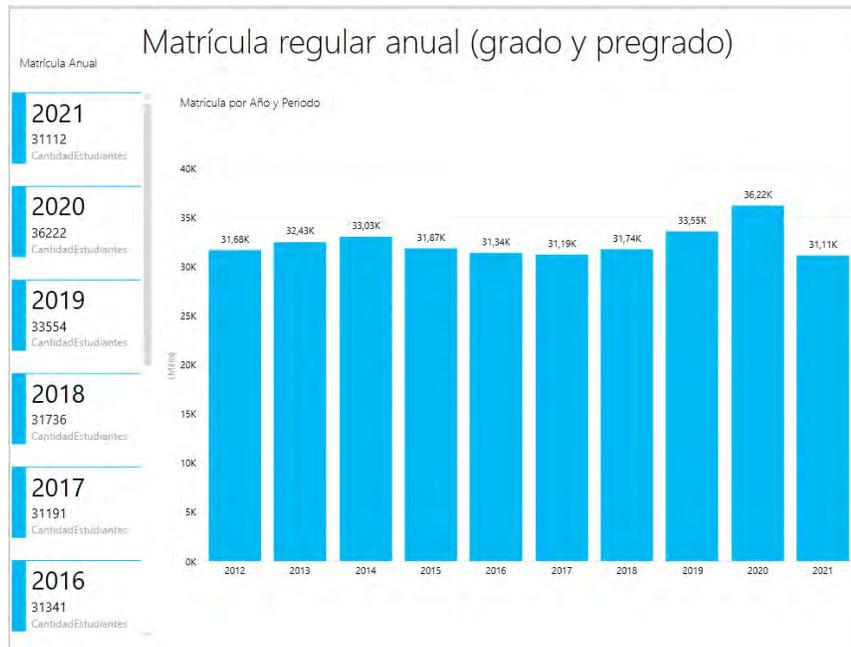
**Servidor Solución de BI.** Contiene un sistema operativo Windows Server 2012 R2 Datacenter, con un rol de Base de Datos en MSSQL Server, los servicios que administra son: Analysis Services, Reporting Services, Integration Services [7]. A nivel de recursos el servidor cuenta con: Procesamiento de 6 Cores, 36GB de memoria RAM y un almacenamiento de 2.5TB.



\* Servicios externos a

**Fig. 3.** Granja de Servidores de la implementación de solución del SIATDGI en la UNED.

La solución implementada, permite generar indicadores similares a los que se presentan en la figura 4 los cuales son los que permiten a los diferentes usuarios, tomar decisiones según la información de interés de cada indicador.



**Fig. 4.** Ejemplo de indicador de SIATDGI: matrícula regular anual (grado y pregrado) desagregada por año.

## 5. Resultados obtenidos

Como parte del proyecto se realizó un análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo del SIATDGI. Para este análisis se efectuó un taller con la participación de

diferentes usuarios de la Sede Central (principalmente administrativos) [8], así como un total de siete talleres con participación de usuarios regionales de las distintas sedes de la UNED [9]. En total se contó con la participación de más de 100 persona en total.

En cada taller se dividió a las personas en grupos para poder analizar la información en diferentes variables, a las cuales se les asignaron colectivamente los valores de: 1. Muy Malo, 2. Malo, 3. Regular, 4. Bueno, 5. Muy Bueno.

En cada caso se solicitó al grupo, usando criterio experto, definir cada una de las variables utilizadas para la evaluación del SIATDGI, de acuerdo con la siguiente descripción:

**Amigabilidad.** Se evalúa si el sistema es fácil de usar y entender (manejo de los reportes, elaboración de reportes y visualización de la información) [8][9].

**Oportunidad.** Considera aspectos como: el tiempo de respuesta de acceso a los módulos, así como la inversión de tiempo para poder ingresar, generar reportes y guardar la información [8][9].

**Confiabilidad.** Considerando si los datos que se generan en el SIATDGI son confiables para la persona usuaria [8][9].

**Disponibilidad.** Se refiere a si el sistema dispone de los datos requeridos para el quehacer de la dependencia o instancia en la toma de decisiones [8][9].

**Asesoría.** Valora la asistencia y apoyo del usuario administrador del SIATDGI (CIEI, según acuerdo del Consejo Universitario) en torno a consultas varias, otorgamiento de accesos, capacitación y usos del sistema [8][9].

**Suficiencia.** En esta variable se evalúa si el sistema cumple con las necesidades y requisitos de información según lo esperado por la dependencia o instancia [8][9].

**Pertinencia.** Corresponde al grado de importancia y necesidad del SIATDGI en la toma de decisiones de la dependencia o instancia [8][9].

**Acceso.** Referente a la facilidad de solicitar permisos y obtener acceso al sistema. Además, evalúa si se puede ingresar en cualquier lugar y momento al SIATDGI, así como los demás aspectos de conectividad [8][9].

Los resultados promedios de todos los grupos y participantes se encuentran en la figura 5.

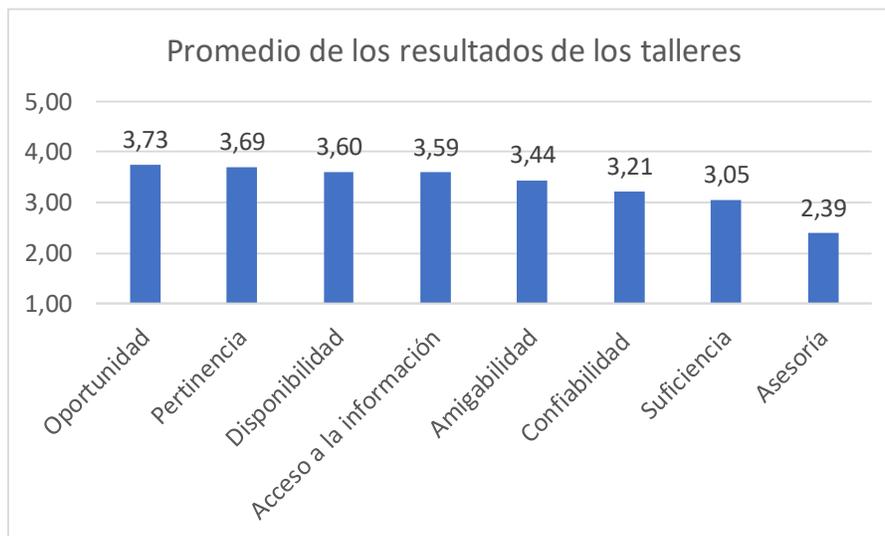


Fig. 5. Promedio de los resultados de los talleres de evaluación.

De los datos de estos análisis se puede determinar que hay una tendencia a evaluar el sistema entre los valores de Regular o Bueno a nivel general con una tendencia hacia resultados positivos.

No obstante, es importante rescatar con mención especial, las variables de Confiabilidad, Suficiencia y particularmente la Asesoría debido a las siguientes consideraciones y análisis.

La confiabilidad tiene que ver directamente con la calidad de los datos. Debido a que los transaccionales muchas veces utilizan solamente los datos que requieren las instancias, se olvida que el enfoque de los datos tiene que ser orientado a la toma de decisiones y por lo tanto hay algunas carencias detectadas en este apartado.

Referente a la suficiencia, cabe destacar que el desarrollo del proyecto llevó varios años por lo que fueron personas diferentes las que definieron la información requerida por el sistema, a las que lo terminaron utilizando por lo que se puede evidenciar una brecha entre lo proyectado y lo que realmente se requiere.

Finalmente, a nivel de asesoría, los usuarios describen que el apoyo por parte del usuario administrador ha sido principalmente malo y por lo tanto se debe trabajar en mejorar este aspecto.

## 6. Conclusiones

A manera de conclusión del presente trabajo, se describen algunos de los principales aciertos y desaciertos del proyecto realizado desde el 2011 en su conceptualización y hasta el 2020 que se concluyó satisfactoriamente con la última fase de desarrollo e implementación del sistema.

### 6.1 Aciertos

**Establecimiento de equipo de trabajo.** Uno de los principales éxitos del proyecto fue la conformación de un equipo de trabajo al inicio, con el fin de llevar a cabo las tareas de conceptualización, definición e identificación de áreas de interés y sus respectivos indicadores. Sin estos insumos no hubiera sido posible realizar un desarrollo tan grande como el efectuado. Al final, poco a poco el equipo se fue desarticulando y fueron otras personas las que ejecutaron las etapas finales con lo que hubiera sido más provechoso si este equipo hubiera estado constante durante todas las etapas de desarrollo.

**Financiamiento y apoyo institucional.** Uno de los principales factores claves de éxito en la mayoría de los proyectos informáticos, es contar con el apoyo de autoridades que avalen las propuestas y los criterios definidos al inicio del proyecto por las personas que participan en el mismo. Asimismo, otro factor importante y que va de la mano con el primero, es contar con una fuente de financiamiento según lo establecido en las etapas iniciales del proyecto para lo cual este proyecto contó tanto con el apoyo de las autoridades institucionales, así como de la fuente de financiamiento externo por parte del Banco Mundial.

### 6.2 Desaciertos

**Falta de cultura de análisis de datos.** A pesar de contar con una herramienta muy poderosa con gran cantidad de datos al acceso de algunos clics, existe una pobre cultura de análisis en las personas funcionarias de la UNED lo que provoca que el sistema no se utilice mucho y que se le saque poco provecho en contraste con las posibilidades que podría habilitar.

**Modelo de indicadores.** Aunque los indicadores fueron una parte muy importante del desarrollo del proyecto, el modelo de hacer una ficha de indicador para cada requerimiento de información se aleja mucho del modelo de cubos utilizando en lo que se refiere a inteligencia de negocios. En ese sentido, hubiera sido mejor hacer un análisis

de cubos desde el inicio y de esta manera el diseño de estos cubos hubiera aportado mejor que indicadores que posteriormente terminan siendo consolidados en un único cubo.

**Poca o nula utilización por parte de los usuarios clave.** En las etapas iniciales se definieron los usuarios grupos de interés clave y entre los mismos se definieron tanto a las autoridades como a los mandos medios. No obstante, este tipo de usuarios casi no utiliza el sistema de apoyo a la toma de decisiones. Al final son usuarios operativos los que terminan utilizando el sistema, haciendo análisis basado en los resultados del sistema y remitiendo los informes a jefes y autoridades.

**Selección de Tecnología.** Durante la conceptualización del proyecto, no estaba definido si se iban a usar sistemas de inteligencia de negocios o de otro tipo y aunque fue una enorme discusión al inicio, si hubo una tendencia para seleccionar este tipo de sistemas basado en tecnologías Microsoft ya que era lo que estaba disponible en los licenciamientos institucionales de la UNED. Haber utilizado otras tecnologías al inicio del proyecto, representaba incurrir en otros gastos no incluidos en la planificación inicial por lo que hubo una limitación de opciones tanto por la viabilidad institucional de licencias como también por el tiempo en el que se desarrolló el proyecto donde no había tecnologías de software libre tan consolidadas como existen hoy en día con gran disponibilidad de desarrolladores en el mercado.

**Falta de asesoría y capacitación.** La mayoría de los usuarios finales del sistema, han notado una falta de apoyo y asesoría por parte del usuario administrador del sistema y es algo que debe reforzarse junto con la cultura de análisis de datos.

## 7. Trabajo futuro

Este tipo de proyectos, al alimentarse del acervo informático institucional, requieren de un flujo de información constante y actualizado. Asimismo, se basan en tecnologías que con el tiempo se van poniendo obsoletas por lo que requieren de actualización constante. Dentro de los principales retos futuros con los que se encuentra actualmente el proyecto, se detallan los siguientes.

**Actualización de Software.** Al iniciar con la implementación del proyecto se seleccionó un modelo de presentación basado en tecnologías de BI de Microsoft. Este tipo de tecnologías sufren cambios y por ejemplo al inicio del proyecto se hablaba de ExcelServices y PowerView. La mayoría de los indicadores se programaron en la tecnología PowerView, con un Front End de Sharepoint, sin embargo, en la actualidad el uso de Sharepoint y de PowerView ha ido en caída y en sustitución se utilizan implementaciones con tecnología de PowerBI que es un servicio adicional de la oferta de Microsoft 365. Es importante ir programando una actualización de la plataforma para dejar este modelo y migrar pronto a estas tecnologías ya sea en la nube con PowerBI o bien utilizando Power BI Reporting Services que consiste en tecnologías “on premise” similares y que es la apuesta de Microsoft a esta tecnología.

**Actualización de Infraestructura.** Este proyecto, al requerir de muchas capas y de tecnología especializada, consume mucho espacio de almacenamiento y procesamiento por lo que ha ocupado varias revisiones, actualizaciones y mejoras en el hardware utilizado. Además, se plantea subir alguna información a la nube para que esta analítica y procesamiento se puedan realizar en alguna de las nubes públicas disponibles, como el caso de AWS o Azure.

**Mejorar la calidad de datos.** Un trabajo permanente que debe realizarse en este tipo de sistemas consiste en la mejora de la calidad de los datos, principalmente en los casos donde los sistemas transaccionales son viejos, de tipo legado o cuando los controles de entrada de estos sistemas son bastante pobres. La información que no es confiable puede traerse abajo la confianza de los usuarios finales y por lo tanto no coadyuvar en la toma de decisiones. Para mejorar este problema deben realizarse campañas de mejora en la

calidad de los datos para corroborar que la información que se cuente en la fuente sea realmente confiable.

**Mejorar las capacidades de Analítica.** Este proyecto tiene un enfoque de análisis descriptivo apoyado en la visualización de datos, sin embargo, podría aplicarse otros tipos de análisis de inteligencia artificial por medio de modelos matemáticos, así como del uso de Machine Learning para realizar aumentar el tipo de análisis y que sea más predictivo en otra etapa futura. Asimismo, en una etapa a más largo plazo podría ampliarse el alcance del sistema para que automáticamente se realice un análisis cognitivo utilizando por ejemplo técnicas de procesamiento de lenguaje natural y estrategias de Deep Learning aplicadas a la información institucional, así como con la integración de otras fuentes de datos disponibles.

## Referencias

- 1 Universidad Estatal a Distancia. 2021. Historia. <https://www.uned.ac.cr/historia>
- 2 Universidad Estatal a Distancia. 2021. Misión y Visión. <https://www.uned.ac.cr/index.php/mision-y-vision>
- 3 Universidad Estatal a Distancia. 1997. Consejo Universitario, Acta No. 1260-97, p. 11. <https://www.uned.ac.cr/conuniversitario/images/actas/1997/1260-97.pdf>
- 4 Parra, L., Duran, F., Rojas, R., 2011. Conceptualización del Sistema de Información Institucional para proyecto, financiamiento con el Banco Mundial. Universidad Estatal a Distancia.
- 5 Salguero, K., Sanchez, E., Zuñiga, L., Rodriguez, E., Montoya, C., Parra, L., Duran, F., Rojas, R., Molina, M., Neil, D., Cox, J., Acon, A., 2011. Plan de trabajo. Equipo Institucional Sistema para el Apoyo a la Toma de Decisiones y la Gestión Institucional. Universidad Estatal a Distancia.
- 6 Universidad Estatal a Distancia. 2012. Plan de Mejoramiento Institucional.
- 7 Grupo Babel. 2019. Granja de Servidores UNED.
- 8 Arce, R., Abarca, J., 2018. Talleres Experiencias y uso del SIATDGI. Universidad Estatal a Distancia.
- 9 Arce, R., Abarca, J., 2018. Sistematización de los talleres regionales en torno al uso del SIATDGI. Universidad Estatal a Distancia.

## **Capítulo 6**

### **e-Ciencia: Soluciones y herramientas tecnológicas para potenciar la investigación**



## **IkiamLab Link laboratorio interconectado de datos**

Marco Abril Aguilar <sup>a,16</sup>, Carlos Pilco Zuñiga<sup>b</sup>, Andrea Salgado Revelo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Dirección de Infraestructura y Mantenimiento, Coordinación Administrativa Financiera, Av. Muyuna Km 7 1/2, Tena-Napo, Ecuador  
marco.abril@ikiam.edu.ec, mfaa@outlook.com

<sup>b</sup> Dirección de Tecnologías de la Información, Coordinación de Planificación, Av. Muyuna Km 7 1/2, Tena-Napo, Ecuador  
carlos.pilco@ikiam.edu.ec

<sup>c</sup> Dirección de Instalaciones Científicas, Coordinación de Investigación e Innovación, Av. Muyuna Km 7 1/2, Tena-Napo, Ecuador  
belen.salgado@ikiam.edu.ec

### **Resumen**

El proyecto IkiamLab Link consiste en una infraestructura física y lógica para la integración de dispositivos de campo, equipamiento de laboratorios de investigación y áreas de interés de la Universidad Regional Amazónica Ikiam. En las carreras de Geociencias, Ecosistemas, Ciencias del Agua, Agroecología, Biotecnología, Biocomercio, Arquitectura Sostenible, Ciencias Experimentales se ejecutan experimentos especializados mediante equipos de laboratorio de última generación que entregan una gran cantidad de información por lotes. La información es recogida periódicamente de forma manual y almacenada en un dispositivo de memoria para posteriormente ser analizada por los operadores correspondientes.

IkiamLab Link está diseñado en base a las metodologías de la pirámide la automatización de forma modular y sistemática que proporciona a los investigadores, docentes, alumnos y personal que corresponda, la posibilidad de convertir en tiempo real los datos en información para su análisis, comparativa, toma de decisiones en los diferentes niveles.

La Dirección de Tecnologías de la Información, tiene un rol vital para incorporar los dispositivos que adquieren las señales de variables de campo y laboratorio en un sistema integral y robusto de los datos, permitiendo una visualización de la información procesada en un entorno web según criterios de muestreo y apoyado con los servidores informáticos de la Universidad.

**Palabras Clave:** Dispositivos de campo/Internet de las cosas/Automatización/Investigación/Educación/TICs

**Eje temático:** 1. El área temática definida para TICAL2021 es el Fortalecimiento de la conectividad y la infraestructura tecnológica para soportar los nuevos retos de la universidad y tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores.

**Eje temático 2:** El área temática definida para el 5º Encuentro Latinoamericano de Ciencia es Uso de laboratorios y equipos en forma remota y Internet de las cosas (IoT) y redes de sensores.

---

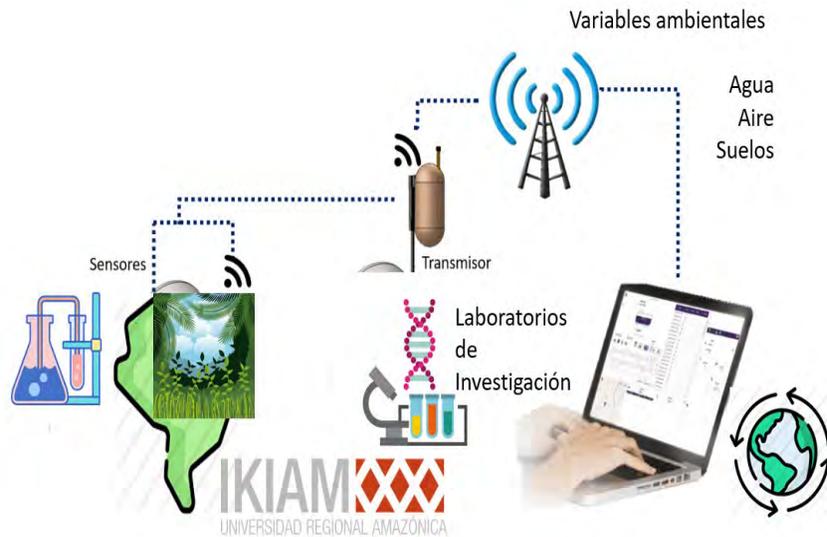
<sup>16</sup> URAI Universidad Regional Amazónica Ikiam

## Introducción

La Universidad Regional Amazónica Ikiam fue creada en el año 2013, con la firme convicción de garantizar el derecho a una educación superior de calidad. Su nombre surge de la idea de “Ikiam”, que significa “selva” en lengua indígena shuar y es concebida como una institución de educación superior, destinada a contribuir a la transformación de la estructura social, productiva y ambiental, para formar profesionales y académicos con capacidades y conocimientos, que respondan a las crecientes necesidades vinculadas al desarrollo nacional e internacional y a la construcción de ciudadanía.

La riqueza natural es el pilar fundamental para la Academia e Ikiam posee una ubicación estratégica, en el corazón de la Amazonía, lo cual la convierte en la única institución de educación superior, con un laboratorio vivo, como es la Reserva Biológica Colonso-Chalupas.

En el corto período de vida institucional de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, incorporar carreras de Geociencias, Ecosistemas, Ciencias del Agua, Agroecología, Biotecnología, Biocomercio, Arquitectura Sostenible, Ciencias Experimentales, son el ejemplo plausible de los resultados que se obtienen a través de una gestión transparente, eficiente y eficaz de los recursos.



**Figura 6. Diagrama esquemático de dispositivos y sensores distribuidos en el campus de la Universidad Ikiam**

## Estado del Arte

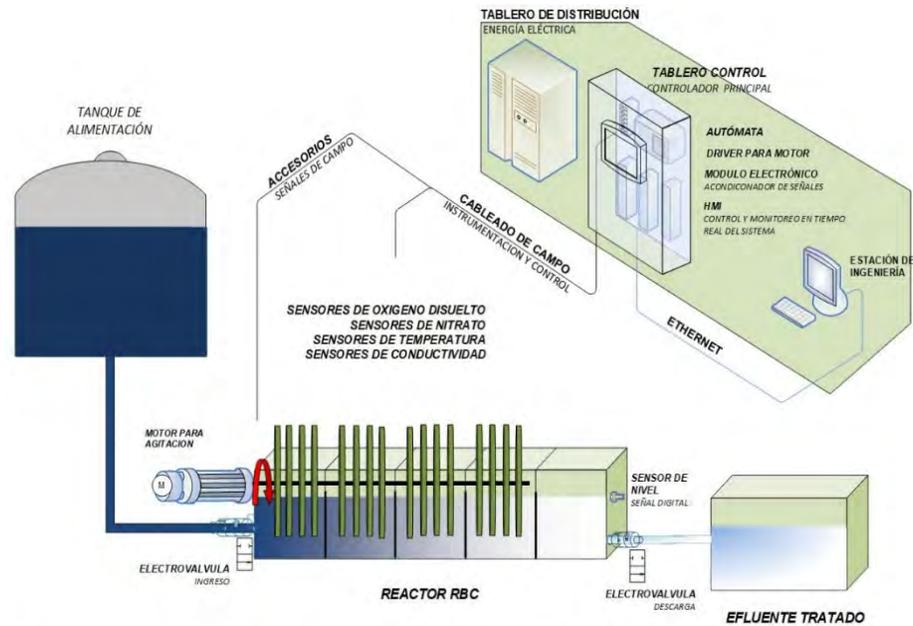
La URAI debido a su ubicación estratégica en el corazón de la Amazonía, posee una riqueza en flora y fauna única, lo cual la convierte en la única institución de educación superior, con un laboratorio vivo, como es la Reserva Biológica Colonso-Chalupas, la

misma que ofrece grandes posibilidades de investigación en las diferentes áreas de Geociencias, Ecosistemas, Ciencias del Agua, Agroecología, Biotecnología entre otras.

Por otra parte, la URAI, mediante convenios, donaciones y demás ha estado creciendo y equipando sus laboratorios con tecnología a la vanguardia internacional. Sin embargo, la influencia de los eventos de pandemias, movilidad de los investigadores limita y retrasa las investigaciones que se vienen ejecutando en los laboratorios.

Además, la información obtenida en los equipos esta aislada y requiere de tiempos adicionales para ser comparada y difundida entre el personal que corresponde.

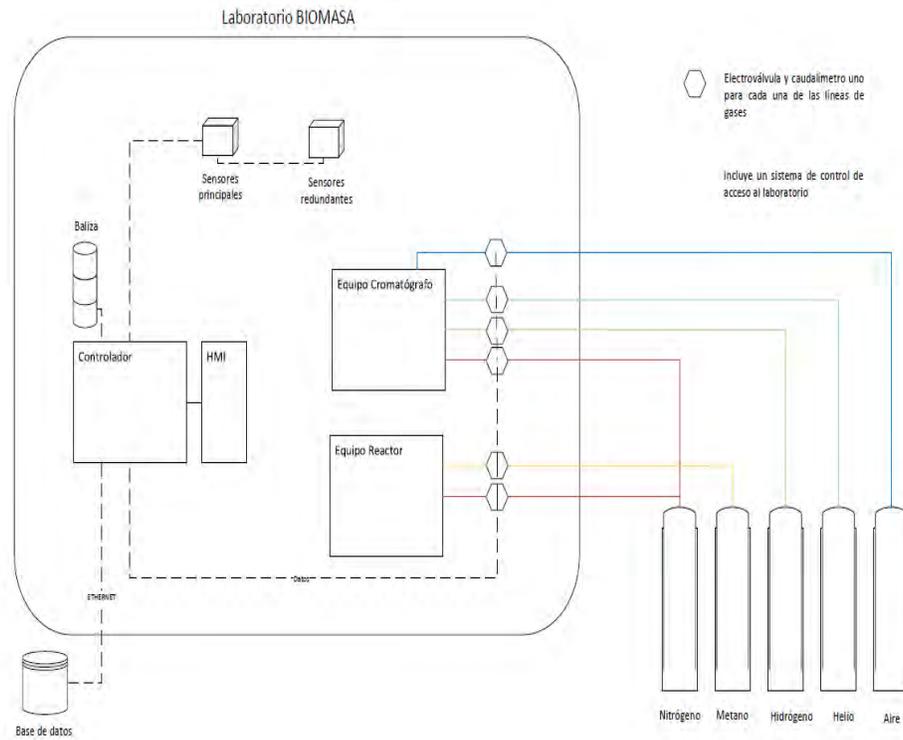
Están apareciendo proyectos como SMARTLIX, que consiste en un prototipo de pruebas de laboratorio para el tratamiento de lixiviados, que incorpora el análisis del agua a través de variables especializadas en la calidad de agua. Los sensores recogen gran cantidad de información del medio y se almacenan en la memoria local del controlador por un tiempo definido por el investigador. Sin embargo, la información no puede ser visualizada, almacenada y compartida de forma remota. [13]



**REACTOR BIOLÓGICO DE CONTACTO E INSTRUMENTACIÓN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

**Figura 7.- Diagrama esquemático del proyecto SMARTLIX**

El proyecto del laboratorio de gases especiales de BIOMASA, es un sistema que incorpora el control automático de gases de nitrógeno, metano, hidrógeno, helio y aire. El controlador lógico programable gestiona la activación y desactivación de los actuadores en función a los sensores de gases.



**Figura 8.- Sistema de automatización y control de electroválvulas del laboratorios de BIOMASA**

El bien más preciado del planeta, origen de vida y fuente de existencia de todos los seres vivos, es también un recurso escaso que hay utilizar con responsabilidad.

Uno de los aspectos más importantes, por lo tanto, es la reutilización del agua. Y es que podría alcanzarse un ahorro de hasta el 90 % en energía y del 70 % en agua invirtiendo en su recuperación y reutilización, reciclando las aguas residuales procedentes de la industria y del uso municipal para ser utilizadas como aguas industriales o de refrigeración. [2]

La planta de tratamiento de aguas residuales de la URAI, mediante sensores de calidad de agua incrementa la calidad en la descarga de la misma mediante un tratamiento residual eficiente.



**Figura 9.- Planta de tratamiento de aguas residuales de la URAI**

## **Justificación**

El proyecto IkiamLab Link surge de la necesidad de compartir la información generada en los procesos investigativos y operativos de la URAI, e integrarlos mediante una plataforma web, para que cada estudiante, docente y la comunidad universitaria utilice, revise y analice los datos y mediante el uso de algoritmos especializados convertirlos en información útil para la toma de decisiones.

En este caso el proyecto se constituye como una solución física y lógica para la obtención de forma remota de los datos y optimizar el proceso de investigación y formación profesional de los usuarios de la URAI.

El laboratorio de gases especiales de BIOMASA a través del IkiamLab Link se beneficia directamente debido a que mediante los sensores de flujo y las electroválvulas se conoce la disponibilidad inmediata de gas especial en los cilindros de almacenamiento y con ello proyectar un cambio y mantenimiento de cilindros de gases especiales. Además de proteger a los usuarios del laboratorio mediante el sensamiento posibles fugas de gases especiales.

La planta de tratamiento de aguas residuales puede ser monitoreada en tiempo real y en función a los datos obtenidos realizar análisis prospectivos y retrospectivos para tomar acción en la metodología de tratamiento de agua que retorna a los afluentes naturales del medio ambiente.

El proyecto SMARTLIX de manera similar que los proyectos antes mencionados se beneficia del almacenamiento de datos y la ejecución de algoritmos especializados para el control de velocidad de giro de los biodiscos para el tratamiento de lixiviados.

Todos los investigadores y usuarios de los datos de la comunidad universitaria son beneficiados al disponer de un sistema que proporcione información de los eventos suscitados en los procesos de investigación y operación.

## **Diseño del sistema**

El sistema IkiamLab Link tiene como principio de funcionamiento para la distribución y gestión de la información de los dispositivos la pirámide de la automatización.

La implementación de la automatización como uno de los aspectos que más ha evolucionado en la industria desde sus comienzos. La integración de tecnologías clásicas como la mecánica y la electricidad con otras más modernas (electrónica, informática, telecomunicaciones, etc.) está haciendo posible esta evolución. [5]

### Pirámide de la Automatización

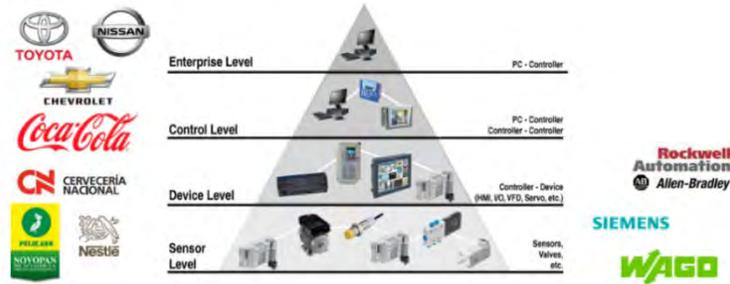


Figura 10. Pirámide de la automatización

El sistema IkiamLab Link dentro de su estructura se compone de hardware y software el mismo que varía de acuerdo a los dispositivos a integrar.

#### El hardware

- Para el proyecto SMARTLIX que emplea una sonda multiparametros de marca AQUA TROLL 5000, se realizó la integración mediante un controlador lógico programable de marca WAGO mediante el protocolo de comunicaciones MODBUS RTU 485, el cual permite obtener los datos de las variables de pH, BOD, COD, temperatura y conductividad.[9]

Una vez que los datos están crudos en el autómata (PLC programmable logical controller) se envían los datos hacia un servidor de la universidad mediante una tarjeta RASPBERRY PI 4, mediante un protocolo de comunicaciones MODBUS TCP IP utilizando software libre (NODE RED) programación basada en bloques y visual.



Figura 11.- Estructura física del proyecto IkiamLab Link desde los dispositivos de campo hasta el nivel organizacional más elevado.

- El laboratorio de gases especiales de BIOMASA, compuesto por sensores redundantes de detección de gases de nitrógeno, metano, hidrógeno, helio y aire

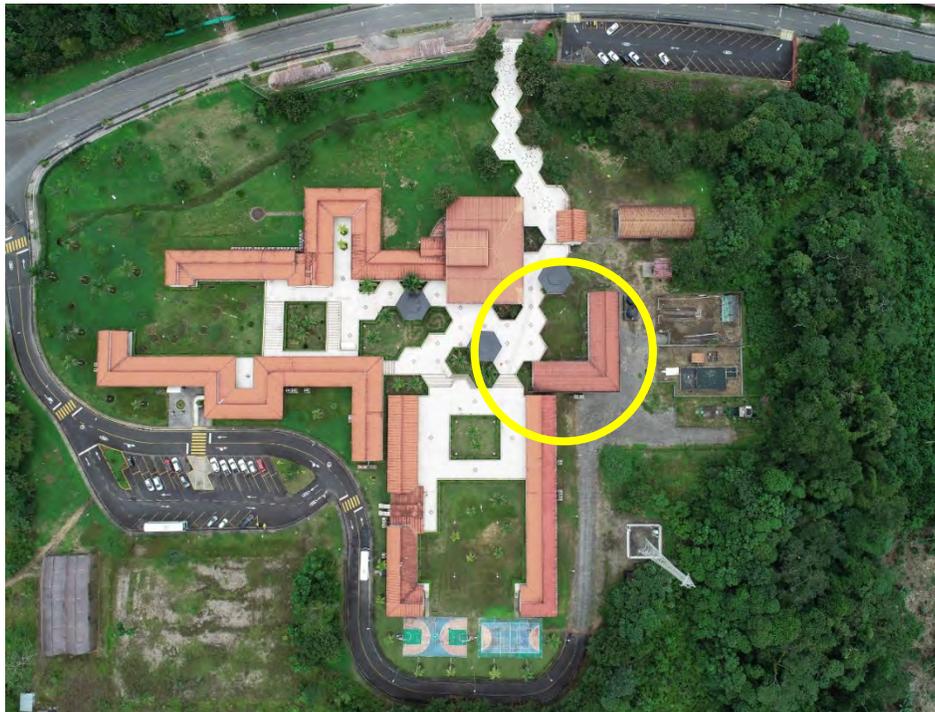
proporciona a la comunidad universitaria que utiliza este escenario la seguridad adecuada para su operación e incorpora características de almacenamiento de datos en servidores locales para su posterior procesamiento.

Según la Figura 3.- Sistema de automatización y control de electroválvulas del laboratorios de BIOMASA, está compuesto por un autómata que recibe las señales de las sondas multiparámetros mediante un protocolo de comunicaciones MODBUS RTU 485. Con los datos de los sensores dispuestos y acondicionados en el autómata mediante protocolo de comunicaciones MODBUS TCP IP son enviados hacia la tarjeta RASPBERRY PI 4, para colocar los datos en los servidores de la Universidad con la gestión de un software libre de monitoreo de datos.

- La planta de tratamiento de aguas residuales realiza procedimientos manuales para la medición de los parámetros de calidad de agua que se descargan al medio ambiente.

En la actualidad la automatización en la toma de datos está siendo automatizada mediante la incorporación de una tarjeta electrónica de campo mediante comunicaciones WIFI en función a la localización a las instalaciones académicas de la Universidad de acuerdo con la Figura 7.- Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la URAI.

El Ministerio del Ambiente y Agua señala que las descargas en cuerpos hídricos pueden realizarse siempre que hayan pasado por un tratamiento previo, de tal manera que los agentes nocivos presentes en las aguas residuales hayan sido removidos.[10]



### **Figura 12.- Ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la URAI**

En este sentido la URAI realiza monitoreos periódicos para determinar la calidad de agua de descarga al medio ambiente y de esta forma dar cumplimiento a la normativa legal vigente en nuestro país (Tabla 9, del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097A del MAAE)[4].

Sin embargo, es imperante disponer de los datos de los sensores en tiempo real las variables de oxígeno disuelto, pH, conductividad, ultrasonido mediante cada uno de los sensores especializados según la Figura 8.- Sistema de adquisición de datos de campo oxígeno disuelto, PH, conductividad, ultrasonido., y almacenarlos en los servidores para realizar estudios para la academia y el cumplimiento de la normativa en la operación diaria de las instalaciones de la URAI.



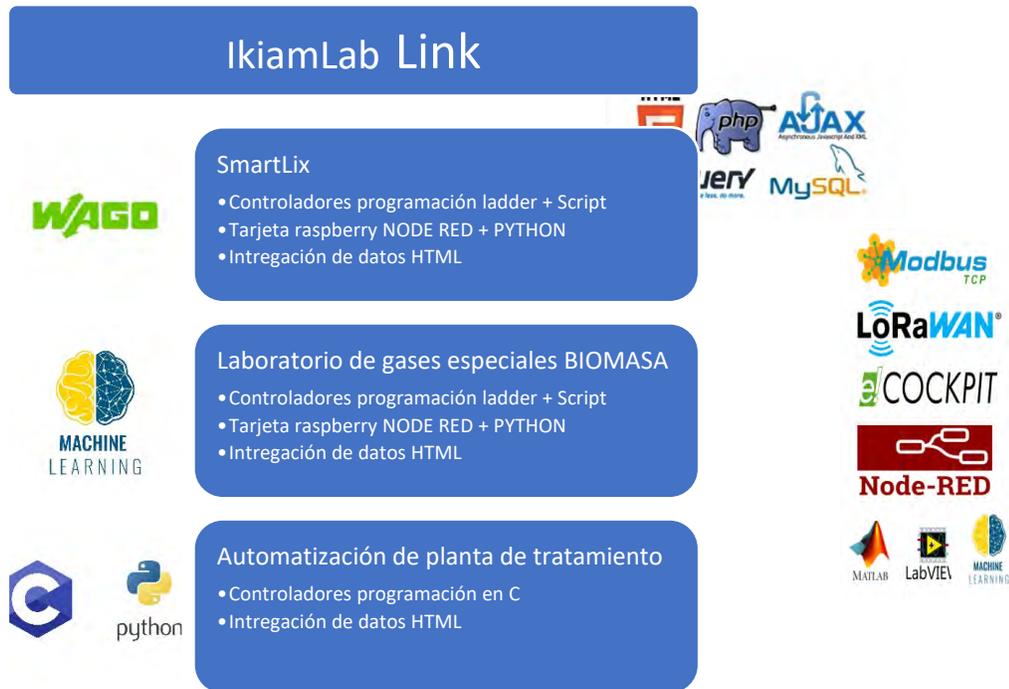
**Figura 13.- Sistema de adquisición de datos de campo oxígeno disuelto, PH, conductividad, ultrasonido.**

#### ***El software***

El proyecto IkiamLab Link tiene la capacidad de integrar toda la data de sensores y dispositivos que considere necesaria en los diferentes lenguajes de programación de los controladores o autómatas que se involucren en el proceso.

El lenguaje de programación empleado para la integración de los datos es HTML combinado con PYTHON mediante sus diferentes IDEs de desarrollo, convirtiéndose en un software open source, libre de licenciamientos. La Figura 9.- Lenguajes de programación empleados en el proyecto., señala los lenguajes y programas empleados en el desarrollo del proyecto.

Una característica esencial del proyecto es su capacidad de presentar los datos en tiempo real, es decir visualizar los datos en cualquier instante en función al tiempo de muestreo establecido para la aplicación y en concordancia a las limitaciones por el hardware, que tiene ciertas restricciones de comportamiento en el tiempo. Algunas restricciones bastante comunes son que el sistema responda a una señal externa en un tiempo lo suficientemente corto o que produzca una frecuencia de salida mínima. En particular, un sistema de adquisición de datos de variables ambientales en aire, agua y tierra.



**Figura 14.-Lenguajes de programación empleados en el proyecto.**

El IoT es un campo emergente con un gran potencial de aplicación ya que la sociedad actual tiende hacia un modelo tecnológico donde todo está interconectado. [16]

La seguridad informática desempeña un rol importante para lo cual el proyecto emplea un certificado SSL “autofirmado” para la Raspbery Pi con Raspbian, SSL (Secure Sockets Layer o capa de conexión segura) es un estándar de seguridad global que permite la transferencia de datos cifrados entre un navegador y un servidor web. Es utilizado por millones de empresas e individuos en línea a fin de disminuir el riesgo de robo y manipulación de información confidencial por parte de hackers y ladrones de identidades. Básicamente, la capa SSL permite que dos partes tengan una "conversación" privada. [14]

En la tarjeta raspberry esta la configuración de seguridad para la transmisión de los datos mediante los certificados SSL, la configuración de las tasas de lectura de los datos de los controladores. Luego la información pasa a una etapa de tratamiento de los datos en los servidores de la Universidad mediante MySQL, y luego es presentada mediante dashboard. Figura 10.- Configuración y características de seguridad en la transmisión de los datos.

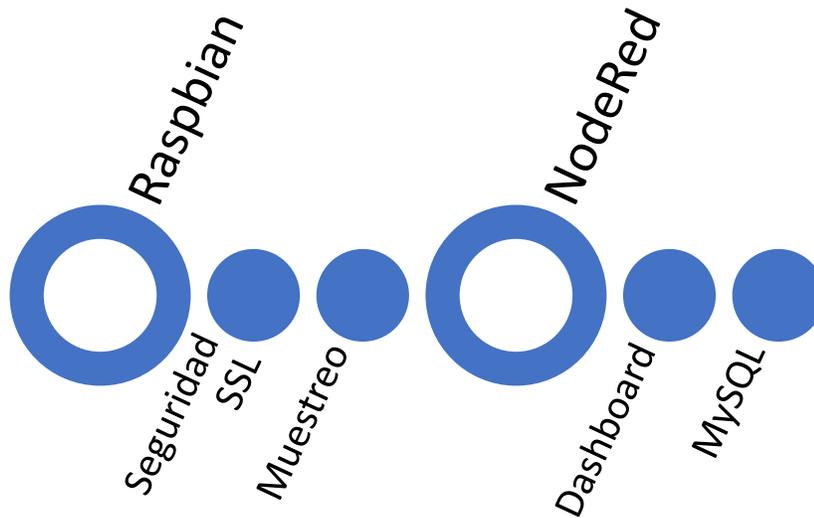


Figura 15.- Configuración y características de seguridad en la transmisión de los datos.

### Implementación

De acuerdo con la pirámide de la automatización los datos se encuentran distribuidos para el análisis, monitoreo y operación según la **Figura 11.- Distribución de los datos en función de la pirámide de la automatización**, de esta manera toda la comunidad universitaria tiene acceso a la información de acuerdo a los permisos asignados por el administrador de la red.



Figura 16.- Distribución de los datos en función de la pirámide de la automatización

La URAI mediante los convenios específicos con los institutos técnicos y tecnológicos públicos locales y regionales colaboran para el desarrollo de la investigación y desarrollo de los proyectos.

La Figura 12.- Marco institucional para la implementación de proyectos URAI, describe las instituciones involucradas en el intercambio del conocimiento y fortalecimiento de las capacidades de investigación y desarrollo.



Figura 17.- Marco institucional para la implementación de proyectos URAI

## Resultados

La Universidad Regional Amazonica Ikiam para el fortalecimiento de tecnologías y soluciones del trabajo remoto de los investigadores ante la pandemia esta desarrollando el proyecto IkiamLab Link. Con este proyecto se esta fortaleciendo la conectividad y la infraestructura tecnologica de la universidad ante los nuevos retos.

El proyecto IkiamLab Link mediante la integración de dispositivos permite la gestión oportuna en la operación, mantenimiento y desarrollo académico en investigación y docencia. Por consiguiente, en mención que es un proyecto que integra a su vez varios componentes en los que intervienen diferentes áreas de la institución, ajustandos a sus cronogramas parciales.

El proyecto IkiamLab Link tiene una duración de dos años, proyectado para una finalización en abril de 2023, con un gran impacto en la academia investigativa y operativa de la universidad.

El sistema IkiamLab Link es un sistema integral y robusto que puede ser implementado en cualquier organización educativa o productiva cuyo objetivo es la optimización de procesos y la integración de la información.

En la actualidad el sistema esta diseñado para la integración de tres proyectos (Smartlix, Laboratorios de gases especiales de Biomasa, Planta de tratamiento) sin embargo el sistema soporta la incorporación ilimitada de proyectos y sensores debido a que cada proyecto tiene un dominio independiente que impide el colapso de las peticiones simultáneas.

Los proyectos Smartlix, Laboratorios de gases especiales de Biomasa, Planta de tratamiento están en ejecución en sus etapas preparatorias y precontractuales en

virtud a que el manejo económico es realizado mediante compras públicas, existe un cronograma definido para cada uno de los componentes para posteriormente ser integrados a la red inteligente de datos.

## Referencias

- 1 Sanitron Ecuador: Tratamiento de Aguas Residuales, [https://sanitron.ec/tratamiento-de-agua/tratamiento-de-aguas-residuales-2/?gclid=Cj0KCQjwytOEBhD5ARIsANnRjViSCG53LqO\\_4sR7H4enyogqFMF9YBSAfMLexsChZnQzhqA9Wjsp8eQaAr4BEALw\\_wcB](https://sanitron.ec/tratamiento-de-agua/tratamiento-de-aguas-residuales-2/?gclid=Cj0KCQjwytOEBhD5ARIsANnRjViSCG53LqO_4sR7H4enyogqFMF9YBSAfMLexsChZnQzhqA9Wjsp8eQaAr4BEALw_wcB)
- 2 DAS Environmental Expert GmbH: Estudio medioambiental y análisis de aguas residuales para el uso industrial y sanitario, <https://www.das-ee.com/es/tratamiento-de-efluentes/analisis-de-agua/>
- 3 Revisión del anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>
- 4 Norma técnica para el control de descargas líquidas <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/15-marco-normativo?download=305:propuesta-norma-tecnica-de-control-de-descargas-liquidadas&start=20>
- 5 Pirámide de la automatización e industria 4.0: WITORG, <https://www.witorg.org/piramide-de-la-automatizacion-e-industria-4-0/>
- 6 Brunete, A., San Segundo, P. y Herrero, R.: Introducción a la Automatización Industrial [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatica/automatizacionindustrial.html](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/automatizacionindustrial.html)
- 7 Mercado, J.: La experiencia en el desarrollo de proyectos en los diferentes lenguajes de programación, autómatas y HMI de Siemens permitirá abordar con éxito cualquier otro entorno de programación. <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428342292/sistemas-programables-avanzados>
- 8 SMC International Training: Automatización, <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>
- 9 In-situ: Aqua TROLL 500, [https://in-situ.com/pub/media/support/documents/Aqua\\_TROLL\\_500\\_Manual.pdf](https://in-situ.com/pub/media/support/documents/Aqua_TROLL_500_Manual.pdf)
- 10 Ministerio del Ambiente y Agua: Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente, <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- 11 Janet, M, Soto, M y Usma, I: Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos, <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- 12 Ministerio del Ambiente: Reforma al Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria, [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- 13 Unidad de acceso a la educación superior proceso de acceso a la educación superior, <https://rendicion-cuentas.senescyt.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/Informe-de-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-2019-Coordinaci%C3%B3n-Zonal-1y2.pdf>
- 14 Universidad Autónoma de México, <https://repositorio.uam.es/handle/10486/672772>
- 15 Universidad de Valencia, [http://informatica.uv.es/iiguia/AIG/web\\_teoría/tema3.pdf](http://informatica.uv.es/iiguia/AIG/web_teoría/tema3.pdf)
- 16 Universidad San Francisco de Quito, <https://www.usfq.edu.ec/es/curso/iot-internet-de-las-cosas>

# LaRedCCA: Ciberinfraestructura Colaborativa para Investigación y Desarrollo con Computación Avanzada en Colombia

Carlos J. Barrios H.<sup>a</sup>, Harold E. Castro B.<sup>b</sup>, Mónica López<sup>c</sup>, Rafael Rodríguez<sup>c</sup>,

<sup>a</sup> Supercomputación y Cálculo Científico, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia  
[cbarrios@uis.edu.co](mailto:cbarrios@uis.edu.co)

<sup>b</sup> Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia  
[hcastro@uniandes.edu.co](mailto:hcastro@uniandes.edu.co)

<sup>c</sup> Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada, Bogotá, Colombia  
[m.lopez@renata.edu.co](mailto:m.lopez@renata.edu.co), [r.maldonado@renata.edu.co](mailto:r.maldonado@renata.edu.co)

## Resumen

Este trabajo presenta la experiencia de desarrollo de la RedCCA, la Red Colombiana de Computación Avanzada, establecida para fortalecer la comunidad de supercómputo colombiana y unir conocimientos, recursos e infraestructura distribuida geográficamente en Colombia, enlazados por RENATA, integrando los centros de recursos de computación de alto rendimiento para soportar iniciativas científicas y académicas de interés del país y sin ánimo de lucro. La RedCCA reconoce los diferentes niveles de apropiación de esta tecnología entre las instituciones nacionales y facilita la colaboración entre instituciones con mayor y menor experiencia en el área. Además de los elementos organizativos y estructurados, se presentan las primeras experiencias exitosas de colaboración así como los retos que se deberán afrontar para el éxito y sostenibilidad de la iniciativa

**Palabras Clave:** Computación de Alto Rendimiento, Ciber Infraestructuras, Colaboración Remota

**Eje temático:** 3. Tecnologías y soluciones para el trabajo remoto de los investigadores.

## 1. Introducción

Las redes nacionales académicas que soportan tanto educación como investigación (NRENs de su sigla en inglés) son articuladores de capacidades tecnológicas y de conocimiento que permiten el desarrollo de soluciones colaborativas para las preocupaciones de la comunidad académica [1]. Estas capacidades federadas a nivel mundial han contribuido a la implementación de ciber infraestructuras para cómputo distribuido, como es el caso de sistemas de Grid Computacional que permite acceder a recursos tanto de cómputo como de adquisición de datos [2], sistemas de computación voluntaria que de manera ligera comparten recursos computacionales para procesar por demanda [3], sistemas de cómputo avanzado distribuido o redes de supercomputación que permiten tanto procesamiento como almacenamiento con altas prestaciones [4] y nubes (Cloud Computing) comunitarias o híbridas que combinan las capacidades anteriores bajo un modelo colaborativo o de sostenibilidad no comercial enfocada a un tipo de usuario específico, en este caso, un actor académico [5]. En todos los casos anteriores, los objetivos principales son el acceso a recursos y conocimiento (datos) y la interacción colaborativa con una calidad de servicio que permite alta disponibilidad, seguridad y capacidades de alto desempeño.

Existen diferentes proyectos y colaboraciones en el mundo que han permitido generar desde redes hasta sistemas de computación avanzada, algunos evolucionando desde las primeras experiencias Grid<sup>17</sup> manejados tanto de manera nacional como internacional. Infraestructuras nacionales bien conocidas como el caso de Grid5000 [6] en Francia, que ofrece una plataforma de gran escala para soportar experimentación e investigación en computación paralela y distribuida (HPC, Cloud Computing) a diferentes niveles, desde la infraestructura en sí, hasta soporte para Big Data e Inteligencia Artificial, enlazada por RENATER [7], la NREN francesa, motivan desarrollos que terminan en convertirse en redes o sistemas nacionales. Es así como pueden encontrarse iniciativas ya consolidadas como lo son la Red Española de Supercómputo (RES) [8], enlazado por la RedIRIS [9], el Sistema Nacional de Procesamiento de Alto Desempeño en Brasil (SINAPAD) [10] interconectado por RNP [11], colaboraciones entre países o de escala continental, como el caso de PRACE [12] en Europa, interacción en recursos posible gracias a GEANT [13], ecosistemas colaborativos como el caso de SCINET [14] en el norte de América<sup>18</sup>, SCALAC [15] en América Latina y el Caribe soportado por RedCLARA [16] o colaboraciones transcontinentales como la Red Iberoamericana de Supercómputo (RISC2) [17].

Inspirados por diferentes proyectos y colaboraciones, interconectados por redes nacionales académicas y de investigación, como RENATA [22], diferentes instituciones en Colombia, han propuesto el desarrollo de proyectos colaborativos a través de los años, desde iniciativas como GridColombia [23] que siguiendo el modelo inicial de Grid computacional, heredado de proyectos de colaboración internacional, principalmente con Europa, como EELA, EELA-2 [24]

---

<sup>17</sup> Hoy en día, la Grid computacional no busca distribuir carga de trabajo y ejecutarla simultánea y sincrónicamente como se proponía originalmente, pues existen muy pocas aplicaciones que realmente solicitan este tipo de carga y demasiados aspectos en contra, pero sí garantizar una infraestructura computacional de gran escala para acceder a capacidades y características computacionales específicas, así como otros recursos tanto de captura como de almacenamiento de datos (instrumentos o repositorios de datos).

<sup>18</sup> Sin embargo, hay que especificar que en Canadá y Estados Unidos de América existen sistemas propios como el caso de ComputeCanada [18], interconectado por CANARIE [19] y XSEDE [20] interconectada por Internet2 [21]. SCINET es un ecosistema colaborativo que soporta supercomputación durante la realización de actividades en torno a la conferencia internacional de supercomputación, Supercomputing (<https://supercomputing.org/>). Es considerada la red temporal más poderosa del mundo.

y GISELA [25], que permitió un primer acercamiento al uso distribuido de recursos computacionales (algunos de altas prestaciones) y por supuesto, logró identificar diferentes actores tanto usuarios como proveedores de recursos y conocimiento en cómputo de alto rendimiento (HPC, de su sigla en inglés), para generar comunidad, hasta lo que hoy se conoce como la RedCCA, Red Colombiana de Computación Avanzada, que toma toda esa experiencia y lo lleva a un modelo de una ciberinfraestructura de computación avanzada de gran escala para necesidades en ciencia que requieren no solo grandes prestaciones computacionales sino conocimiento.

Este artículo presenta fundamentalmente las principales características de la RedCCA como un pilar que soporta el ecosistema académico y científico, junto con unas primeras experiencias y trabajo futuro, planteando al final a manera de conclusión, y una discusión en torno al impacto e integración con otras iniciativas, via REDCLARA y SCALAC.

## **2. Ecosistema Académico y Científico de Computación de Altas Prestaciones en Colombia**

En Colombia, las universidades son las principales entidades que realizan actividades de investigación científica en Colombia. Posteriormente, están las denominadas instituciones de educación superior, los institutos y centros de investigación y desarrollo tecnológico e instituciones asociadas (como los hospitales o las fuerzas militares). Ya en menor medida aparecen empresas del sector productivo (algunas de ellas han creado institutos o son parte de centros mixtos, como las empresas de petróleo, gas y energía), colegios de bachillerato, asociaciones y fundaciones<sup>19</sup>. Los investigadores que pertenecen a cada una de estas entidades son los principales actores de este ecosistema, siendo las entidades espacios de desarrollo, que, de acuerdo con objetivos específicos y actividades investigativas, requieren o no capacidades tecnológicas, científicas y de conocimiento y en este caso en particular, de capacidades avanzadas computacionales.

Es bien conocido que el desarrollo académico y las perspectivas en ciencia, tecnología e innovación en Colombia, como en otros países de la región, se ha incrementado por diferentes motivos muy relacionados con la evolución de la civilización, entre los cuales la popularización del conocimiento (gracias a medios masivos como Internet), la implantación de programas de postgrado (principalmente de doctorado), retos ecológicos, así como la globalización misma, exigiendo por supuesto capacidades y personal cada vez más competente en áreas específicas. Precisamente, en los diez volúmenes de documentos de la Misión de Sabios coordinada por MinCiencias<sup>20</sup>, se hace especialmente énfasis a esas necesidades tanto de infraestructuras y plataformas de alto nivel como de personal científico calificado para fortalecer y garantizar la sostenibilidad y pertinencia de todas las actividades y actores desarrollados en el contexto científico y de innovación en Colombia.

---

<sup>19</sup> Fuente : Reporte Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia, MinCiencias [26] : <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras>

<sup>20</sup> Los documentos respectivos son públicos y pueden consultarse en: <https://minciencias.gov.co/mision-sabios/documentos>

En computación de alto rendimiento, como se mencionó en la introducción, los investigadores al regresar al país y para continuar sus actividades investigativas y la participación en proyectos internacionales, implementaron proyectos Grid. Esto, como se dijo anteriormente, permitió identificar actores del ecosistema de ciencia, tecnología e innovación en Colombia, que requieren capacidades computacionales importantes, pero que, por motivos económicos principalmente, no podrían tenerlas. Sin embargo, esas experiencias generaron expectativas y por diferentes motivos, algunas entidades (principalmente universidades), realizaron inversiones importantes en infraestructura, recursos humanos e incremento de la colaboración. Es así por ejemplo, que surgen unidades especiales como Supercomputación y Cálculo Científico UIS [27] en la Universidad Industrial de Santander [28] que realizando grandes inversiones, consolida una plataforma no solo para soportar los proyectos de la universidad internos que requieren computación de altas prestaciones, sino para las diferentes líneas estratégicas de investigación, desarrollo e innovación regionales, de país, tanto del sector académico como del sector productivo (principalmente de petróleo, gas y energía inicialmente) como de gobierno. Aunque no fue el primer centro de este tipo creado en una universidad<sup>21</sup> sí planteó un cambio de paradigma en términos de acceso, colaboración y capacidades disruptivas en computación. A partir de ahí, SC3UIS se convirtió en un centro de referencia nacional y regional, sumándose a los proyectos Grid nacionales, estrechando la colaboración con iniciativas pares (como con la Universidad de los Andes), con la industria especializada en computación (como con NVIDIA [30], HPE [31] e Intel [32]), la industria colombiana (como la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol [33]) y entidades de gobierno (como el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, MinTIC [34]) entre otros. En términos de colaboración, hay dos hechos importantes a resaltar, que permiten madurar ese ecosistema de computación avanzada: el primero, el acercamiento importante entre la Universidad de los Andes (UniAndes) y Universidad Industrial de Santander (UIS), para proponer la creación del Centro Colombiano de Computación, con el apoyo directo del MinTIC y la República Francesa, con un rol importante de RENATA, teniendo en cuenta que las dos instituciones principales están en ciudades diferentes en Colombia (Bogotá para el caso de UniAndes; Bucaramanga y Piedecuesta para el caso de la UIS)<sup>22</sup>. El segundo hecho importante fue la creación de SCALAC el 1 de marzo de 2012, que oficialmente se reunió en Bucaramanga, en la sede de SC3UIS del campus UIS, con la presencia de los tres actores colombianos que conforman hoy el eje principal de la Red Colombiana de Computación Avanzada: la UniAndes, la UIS y RENATA.

Posteriormente, se reconocen otras entidades, como la Universidad EAFIT [35] con su centro de supercomputación Apollo [36], la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [37], con su Centro de Computación de Alto Desempeño, CECAD [38], el Instituto Colombiano de Petróleos, ICP [39], con su centro de geofísica computacional, la Armada Nacional de Colombia [40], la Universidad Nacional de Colombia [40], la Universidad del Rosario [41], el Centro Colombiano de Biotecnología y Bioinformática, BIOS [42], la Universidad Tecnológica de Pereira [43], la Universidad del Valle [44], la Universidad de Cartagena [45] entre otros. Más allá de las capacidades computacionales en términos de infraestructura, los actores pertenecientes a estas universidades constituyen un conjunto de usuarios de aplicaciones como desarrolladores de

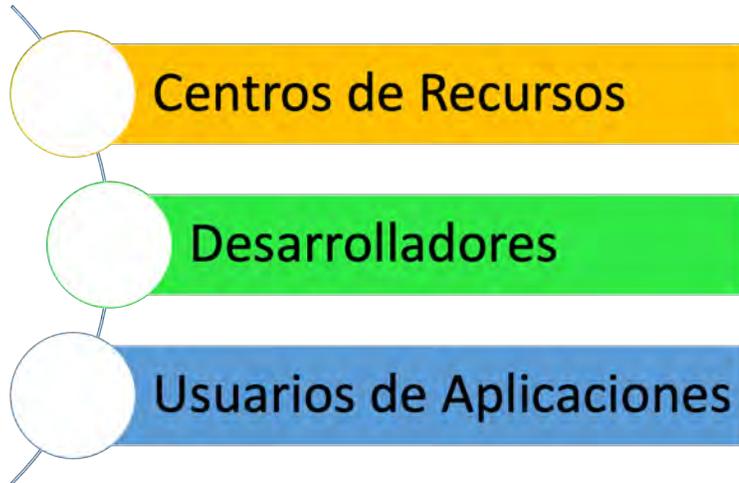
---

<sup>21</sup> Ya en los años ochenta, la Universidad de los Andes [29] había creado un primer centro de este tipo con la primera supercomputadora en una universidad en Colombia.

<sup>22</sup> Si bien esta iniciativa está suspendida por los cambios políticos a nivel de gobierno central en Colombia, el proyecto sigue vigente entre las dos principales universidades que serían miembros del Centro Colombiano de Computación Avanzada.

estas. Llegando en algunos casos a especializarse o de proponer asociaciones para promover el uso del cómputo avanzado, como es el caso de Cyber Colombia.

Con esta identificación de actores y capacidades, entonces es posible esquematizar el ecosistema de cómputo avanzado para Colombia de la siguiente manera, resaltando los actores:



Enlace: RENATA

Figura 1: Esquema de Actores de Ecosistema de Computación de Alto Rendimiento en Colombia

En la Figura 1, se observa en un primer nivel de arriba hacia abajo, los Centros de Recursos, que son aquellos centros que dan acceso a los otros actores de la RedCCA de la infraestructura y plataforma computacional, así como del conocimiento a partir de la experiencia académica construida por el recurso humano. Normalmente, estos centros de recursos son centros maduros con grandes capacidades y recurso humano propio que no solo ofrece soporte tanto al uso como al desarrollo, sino también acompañamiento científico técnico y coordina las operaciones con RENATA. En un segundo nivel se identifican los desarrolladores, quienes son los que de alguna manera no solo desarrollan aplicaciones, sino que requieren y exigen una ciberinfraestructura de gran escala, para realizar sus experimentos y ejecutar sus propios desarrollos directamente relacionados con computación (por ejemplo, en Inteligencia Artificial, Analítica de Datos) y finalmente aparecen los usuarios de aplicaciones, quienes no desarrollan ningún tipo de aplicación, pero si necesitan usar aplicaciones ya hechas con recursos computacionales de alto rendimiento. Este último grupo normalmente son personas que no son de ciencias de la computación o informática y particularmente son estudiantes.

El ecosistema, fundamentalmente requiere dos espacios de interacción de los actores, como muestra la figura 2, los cuales se integran y definen las actividades a apoyar y desarrollar.



Figura 2: Espacios de Interacción.

En una conceptualización, la ciberinfraestructura involucra tres aspectos fundamentales: hardware de procesamiento, almacenamiento e interconexión; software de sistema e igual de interconexión y ambientes de programación y ejecución, en este caso, tanto paralela como secuencial. El segundo espacio, conocimiento, integra principalmente los conocimientos necesarios para desarrollar y ejecuciones paralelas, realizar depuración y perfilamiento (debugging and profiling), así como técnicas de analítica de datos<sup>23</sup>.

En términos colaborativos, los actores buscan resolver o tratar cuatro tipos de problemas, que igualmente se relacionan con lo descrito en la Figura 2, que es la interacción (con otros actores, de manera remota y con una buena calidad de servicio (LSAs) [45]), adquirir conocimiento a partir de una formación (continua a través de webinars por ejemplo o cursos específicos) o precisamente apoyándose en la interacción (a partir de foros, grupos de discusión o entrevistas), tratar los problemas propios de acuerdo a sus intereses particulares científicos o tratar problemas de gran escala de interés nacional en este caso. Esto puede verse en la Figura 3.

---

<sup>23</sup> Es importante resaltar que no se describen conocimientos de base en algoritmos, programación, redes de computadoras, uso de aplicaciones (secuenciales), conocimientos específicos de un área (como bioinformática) o técnicas de inteligencia artificial, pues no son de cómputo avanzado.

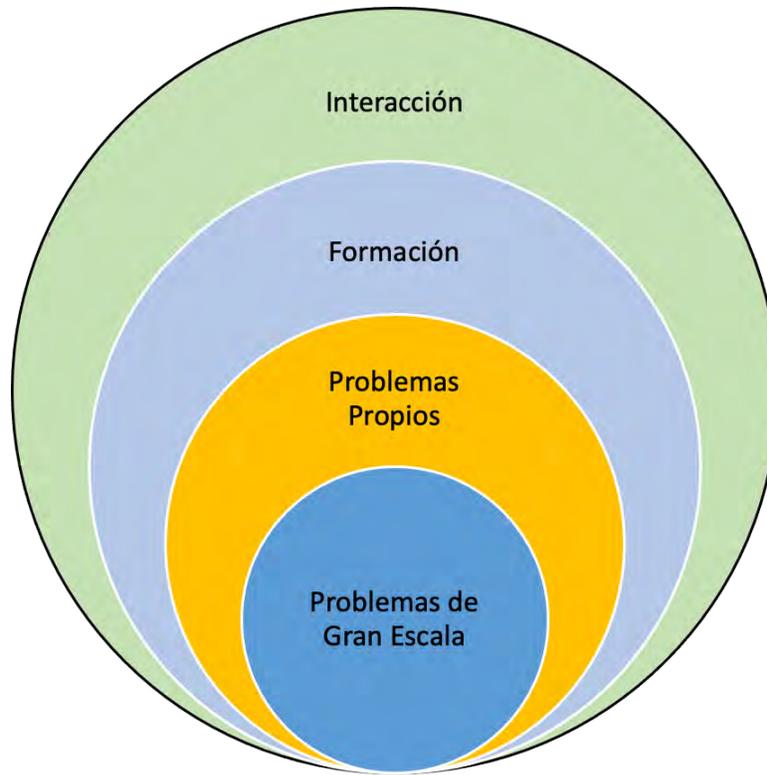


Figura 3: Objetivos de la Colaboración

Un aspecto interesante de los objetivos de colaboración presentados en la Figura 3. es que están altamente cohesionados por lo que no puede pensarse en uno sin los otros, teniendo en cuenta incluso los problemas propios y los problemas de gran escala, que al final, implica la interacción de más de un actor, independiente que sea para actores que buscan resolver un problema en ciencia específico, como para actores que soportan la ejecución de las aplicaciones necesarias. Teniendo en cuenta esto, puede presentar el ecosistema general de cómputo avanzado de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 4. y que permite en sí, observar el ecosistema de Cómputo Avanzado y el soporte que le da la RedCCA tanto a las actividades como a los actores de dicho sistema.

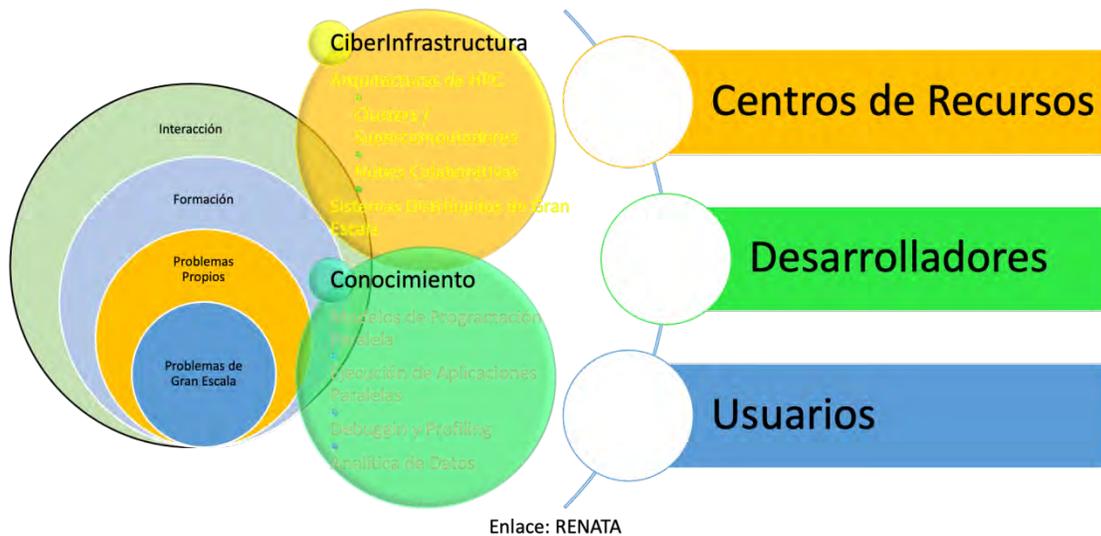


Figura 4: Ecosistema de Cómputo Avanzado Colaborativo Académico y Científico

La Figura 4, resume los componentes del ecosistema descrito anteriormente. En este sentido hay que hacer énfasis que los actores tenidos en cuenta son, ante todo, aquellos de carácter académico o de investigación, pero no las empresas o sector productivo, pues se plantea una arquitectura de gran escala para la colaboración. A partir del análisis de este ecosistema, surgen los lineamientos y objetivos de la Red Colombiana de Cómputo Avanzada, que se presenta en el siguiente capítulo.

### 3. La Red Colombiana de Computación Avanzada: La RedCCA

Anteriormente se presentaron tanto antecedentes como los diferentes componentes que desarrollaron un ecosistema de computación avanzada en Colombia: actores, elementos, actividades y relaciones entre ellos. Teniendo en cuenta estos componentes, RENATA, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad de los Andes, deciden conformar y lanzar en el 2019 la Red Colombiana de Computación Avanzada, cuyo principal objetivo es fortalecer la comunidad de supercómputo para unir conocimientos, recursos e infraestructura distribuida geográficamente en Colombia, enlazados por RENATA, integrando los centros de recursos de computación de alto rendimiento para soportar iniciativas científicas y académicas de interés del país y sin ánimo de lucro. Para garantizar capacidades de base, para toda la RedCCA, se estableció inicialmente un convenio entre RENATA y la UIS, para que a través de SC3UIS, se establezca un nodo central. Dicho convenio inicial tiene como objetivo principal “aunar esfuerzos técnicos, académicos y científicos entre la Universidad Industrial de Santander y la Corporación Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA para integrar los recursos necesarios para el desarrollo de proyectos científicos y tecnológicos, innovadores y de alta calidad de interés nacional, que involucren computación científica y uso de altas prestaciones computacionales a través de la conectividad de los recursos de Computación de Alto Rendimiento de la Universidad Industrial de Santander a la red académica de tecnología avanzada de Colombia, Y, así crear la iniciativa, que se denominará Red Colombiana de Computación Avanzada”.



En la Figura 5, hacia la derecha, se muestran ciertos aspectos de gobernanza, que para la RedCCA se han establecido buscando facilitar la colaboración científica, los aspectos administrativos y la canalización de recursos financieros, como se explicará en la siguiente sección.

## **Gobernanza y Aspectos Metodológicos**

La RedCCA es una red de colaboración y como tal, su foco está en facilitar la adecuada participación de todos sus miembros. Se deben garantizar incentivos para que las instituciones quieran pertenecer y subir su nivel de compromiso expresado por los niveles presentados anteriormente. En este punto, es importante recordar que los miembros de la RedCCA deben ser instituciones académicas, instituciones científicas o de gobierno que hacen parte de RENATA.

La gobernanza entonces debe propender porque se respeten estos principios básicos y debe responder al nivel de involucramiento de las diferentes instituciones. Por eso se propone un comité directivo con la participación de todos los actores de nivel 1 y representantes de los niveles 2 y 3 de manera que la posición y necesidades de todos los miembros sean tenidas en cuenta. Renata como articulador de la red, también hará parte de este nivel de gobierno.

El comité directivo tiene como responsabilidad definir la estrategia de la RedCCA y su evolución. Mantener actualizada las condiciones de membresía, validar el cumplimiento de los compromisos de los miembros y decidir sobre el ingreso y permanencia de los mismos. Igualmente, es el comité directivo quien propende por la integración de la RedCCA en el contexto internacional. Este comité directivo, es el comité directivo de RENATA.

Acompañando el fin principal de la RedCCA, se conformó un consejo científico y técnico, que es el responsable de observar, recomendar y acompañar las decisiones de LaRedCCA para fortalecer y soportar las necesidades (y perspectivas) de los diferentes proyectos de investigación que requieren computación de alto rendimiento y que son de interés nacional. Este consejo estará conformado por miembros invitados de reconocimiento científico nacional e internacional en computación avanzada (preferiblemente al menos uno de fuera de Colombia y al menos dos en Colombia), un representante de la comunidad usuaria y miembros permanentes por parte de los centros de primer nivel y la coordinación técnica de RENATA.

Existe también un comité de acceso cuya responsabilidad principal es asegurar que se cumpla con el objetivo de facilitar el acceso a recursos computacionales avanzados a los usuarios que lo requieran. Este comité publica convocatorias para invitar a usuarios de nivel 3 que necesitan capacidades especiales de cómputo a

describir y cuantificar lo mejor posible esas necesidades. Periódicamente y basados en la información recolectada, evalúa las propuestas y hace la conexión entre la necesidad y el miembro de nivel 1 y nivel 2 que puede ayudar a resolverla. Las condiciones de acceso a los recursos se especifican en estas convocatorias.

Los primeros años, la actividad propuesta por los miembros de la RedCCA y la configuración de los primeros comités y consejos, permitieron realizar actividades que permitieron probar no solo la necesidad y pertinencia de la RedCCA. Las actividades de mayor impacto, se mencionan en el siguiente apartado.

## **Primeras Actividades y Logros**

Se desarrollaron tres tipos de actividades: una de fortalecimiento tecnológico, para garantizar capacidades adecuadas de conexión entre los puntos asociados, otra de tipo formativo para establecer una acercamiento con la comunidad, en la cual se manejaron dos componentes interesante que se mencionan posteriormente y finalmente, una de tipo científico, que principalmente apoyó computacionalmente pilotos y proyectos confirmados en el uso de computación de alto rendimiento.

El fortalecimiento de las capacidades de conectividad, se realizó entre la sede UIS del Parque Tecnológico de Guatiguará en el municipio de Piedecuesta [34], Santander, donde se encuentra la sede principal de Supercomputación y Cálculo Científico de la Universidad Industrial de Santander, donde se encuentran las plataformas robustas de computación de alto rendimiento, el cual se constituye en el nodo central de procesamiento de la RedCCA. Las capacidades se incrementaron en un 300% (pasando a 300Mbps) de conexión directa y en un segundo nodo de cómputo de la Universidad de los Andes, se realizó una asignación variable por demanda. Aunque se realizaron tres proyectos dentro de ese piloto (uno de genómica y dos de imágenes), se tuvo en cuenta sobre todo aquel que mostró más actividad, que eran aplicaciones para inteligencia artificial, que involucran una transferencia de datos masiva y continua entre la Universidad de los Andes y la UIS. Los resultados de ese test principalmente fueron presentados en el Workshop de Buenas Prácticas de Administración de HPC, en el marco de la Conferencia Latinoamericana de Computación de Alto Rendimiento 2020, CARLA2020<sup>24</sup>.

Para los fines de este artículo, no se presentarán gráficas técnicas pero pueden consultarse en dicho trabajo presentado en CARLA2020. Los resultados de estas experiencias demuestran que lo más interesante, en una ventana de prueba de más de ochocientas horas, es la poca pérdida de latencia y una pérdida de paquetes prácticamente nula. Y también que era posible, de acuerdo a la demanda de manera dinámica de acuerdo a solicitud (Throughput), aumentar las capacidades de red. Este monitoreo continuo y pruebas ya con más aplicaciones y otros puntos de conexión diferente como el Instituto Nacional de Salud (INS)[35] y otras universidades.

Para el segundo tipo de formación, se desarrollaron webinars, foros y una escuela internacional de supercomputación, que por condiciones de pandemia, se hizo de

---

<sup>24</sup> Este trabajo se titula: Primeras Experiencias de la Red Colombiana de Computación Avanzada y fue presentada por Carlos Ramirez, Coordinador Técnico de RENATA, Luis Alejandro Torres, jefe de Operaciones y Soporte de SC3UIS y Arnold Lavacca, estudiante de maestría de la Universidad de los Andes.

manera virtual, pero que permitió una mayor difusión. Los diferentes foros desarrollados (3 en el 2020), tuvieron como principal objetivo hacer conocer que existen tanto iniciativas nacionales como internacionales (el caso de SCALAC) que permiten este tipo de trabajo colaborativo. En promedio en cada uno de los foros realizados, en el marco de los foros RENATA, participaron más de 100 participantes colombianos. Por otro lado, el desarrollo de la versión virtual del Supercomputing and Distributed Systems Camping School, SCCAMP2021, Virtual [36], se tuvo una inscripción de 183 personas de los cuales, finalmente lograron la certificación 21 de ellas, que aunque parece un número relativamente bajo, fueron dos semanas de formación y talleres de seguimiento en línea en los que asistieron la mayoría de los registrados. En este evento participaron profesores, estudiantes e investigadores de instituciones miembros y no miembros de RENATA, así como estudiantes que se encontraban en Venezuela.

Finalmente, el tercer tipo de actividad, de la cual se menciona el soporte en computación de alto rendimiento para el Instituto Nacional de Salud, en el marco de la emergencia sanitaria debido al COVID19. Este piloto (que actualmente se mantiene, pues es de interés de país), no solo permitió ejecutar con altas prestaciones códigos para seguimiento genómico dentro del monitoreo genómico del virus, sino un trabajo colaborativo entre especialistas de SC3UIS, UniAndes y del INS para la paralelización y el adecuado despliegue de las aplicaciones. Ese mismo trabajo se realiza actualmente, para otros proyectos, con la participación de la comunidad confirmada, apoyando el desarrollo de código y el despliegue eficiente de aplicaciones, con otros proyectos.

Estos tres tipos de actividad, no se desarrollan separadamente y de hecho, se hacen de manera coordinada y en una continua interacción. Las capacidades cómputo y transferencia (que en sí garantiza una análisis de calidad y nivel de servicios más profundo, pero que no hace parte del alcance de este artículo), se manejan dinámicamente de acuerdo a los proyectos soportados. Y precisamente, de acuerdo al conocimiento necesario para que los proyectos y sus respectivas aplicaciones se desplieguen eficientemente en las plataformas, se garantiza, tanto por el acompañamiento científico y técnico como por las formaciones y entrenamientos dados. Por supuesto, eso garantiza tener unas primeras conclusiones interesantes y perspectivas para esta red colaborativa, que finalmente se presentan a continuación.

## **Primeras Conclusiones**

Las necesidades de conocimiento e infraestructuras relacionadas con la computación de alto desempeño siguen en gran crecimiento. Los proyectos de alto impacto requieren de colaboraciones a gran escala y no es razonable pensar que una sola institución pueda ofrecer todos los recursos a sus investigadores. La RedCCA nace como una respuesta a esa necesidad de colaboración y acceso a recursos especializados.

Por medio de una estructura sencilla, la ReCCA aproveche las capacidad de comunicación de la red nacional de investigación RENATA, para acercar a los usuarios con necesidades a las instituciones con mayor experiencia y capacidad. Sin necesidad de complejos protocolos técnicos, el comité de acceso asegura que las necesidades se respondan de la manera adecuada creando equipos

interinstitucionales que irán desarrollando el ecosistema de computación de alto rendimiento nacional. Las transferencias de datos necesarias hasta ahora, ha evidenciado la idoneidad técnica de RENATA para implementar estas colaboraciones.

Sin embargo, es importante resaltar que a pesar de las buenas intenciones de los investigadores y de las instituciones, es necesario el desarrollo de acuerdos legales, pues existen preocupaciones como la propiedad intelectual, conflicto de intereses, monetización y depreciación de recursos, entre otros. Para esto, como se expuso anteriormente, se estableció un marco colaborativo tipo convenio, y en el cual se enfatiza que se apoya proyectos de colaboración, sin ánimo de lucro y de interés de país. Para eso, existe una gobernanza establecida y un soporte continuo científico y técnico, así como una continua colaboración con miembros de otras redes, como es el caso de SCALAC.

### **Trabajo Futuro y Perspectivas**

Es importante incrementar los miembros proveedores y usuarios de la RedCCA. El posicionamiento como un recurso de carácter nacional debe permitir que investigadores que no han visto la necesidad de este tipo de computación, se acerquen a esta tecnología y expandan así el alcance de sus resultados.

Igualmente, la conexión con iniciativas similares a nivel nacional y regional permitirá que la investigación desarrollada dentro de instituciones con recursos modestos, compita a nivel global, sin olvidar la colaboración. De ahí que la RedCCA, buscará integrarse a SCALAC oficialmente en este año y participar activamente en las diferentes comunidades y proyectos articuladas con RedCLARA.

### **Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento a Carlos Ramirez, Alejandro Torres Niño, Arnold Andres Lavacca, Sandra Castiblanco, al equipo legal de la Universidad Industrial de Santander, la Universidad de los Andes y RENATA, al comité de acompañamiento y líderes del SCCAMP y en general al equipo de trabajo de comunicaciones y operativo de RENATA.

### **Referencias**

- [1] National Research Council (U.S.). National Research Network Review Committee, Leonard Kleinrock; et al. Toward a National Research Network. National Academies. (1988).
- [2] Foster, Ian and Kesselman, Carl. The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure. Morgan Kaufmann Publishers Inc. (2003).
- [3] Anderson, David P; Cobb, Jeff; et al. "SETI@home: an experiment in public-resource computing". Communications of the ACM. 45 (11): 56–61. (2002).
- [4] Zheng, W. Research trend of large-scale supercomputers and applications from the TOP500 and Gordon Bell Prize. Sci. China Inf. Sci. 63, 171001 (2020).
- [5] Peter Mell; Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing (Technical report). National Institute of Standards and Technology: U.S. Department of Commerce. doi:10.6028/NIST.SP.800-145. Special publication 800-145. (2011)
- [6] Grid'5000: A Large-Scale Infrastructure for Computer Science Research and Development <https://www.grid5000.fr/>

- [7]. RENATER, Connecteur de Savoirs <https://www.renater.fr/>
- [8] RES: La Red Española de Supercómputo <https://www.res.es/>
- [9] RedIRIS: La Red de Interconexión Española de Ciencia y Tecnología <https://www.rediris.es/>
- [10] SINAPAD: Sistema Nacional de Processamento de Alto Desempenho <https://www.lncc.br/sinapad/>
- [11] RNP: Red Nacional de Ensino e Pesquisa <https://www.rnp.br>
- [12] PRACE: Partnership for Advanced Computing in Europe <https://prace-ri.eu/>
- [13] GÉANT: Pan-European Network for Research and Education <https://www.geant.org/>
- [14] SCINET: SC's High-Capacity Network <http://scinet.supercomputing.org>
- [15] SCALAC : Sistema de Cómputo Avanzado para América Latina y el Caribe <https://scalac.redclara.net>
- [16] RedCLARA: Consorcio Latinoamericano de Redes Avanzadas <https://redclara.net>
- [17] RISC2: Red Iberoamericana de Supercómputo 2.0 <https://team.inria.fr/zenith/risc2/>
- [18] ComputeCanada: Canada Computing Research Platform <https://www.computecanada.ca/>
- [19] CANARIE: Canada. National Research and Education Network <https://www.canarie.ca/>
- [20] XSEDE: The Extreme Science and Engineering Discovery Environment <https://www.xsede.org/>
- [21] Internet2: USA Computing Networking Consortium <https://www.internet2.edu/>
- [22] RENATA: Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada <https://www.renata.edu.co>
- [23] González Guerrero, E.; Sanabria, J.; Márquez, J.; Uribe, A.; Rincon Yanez, D.; Castro, H. E. and Bolívar, D. Grid Colombia: Modelo de la Iniciativa Nacional de Computación en Malla soportada por RENATA. Memorias de la Conferencia Latinoamericana de Computación de Alto Rendimiento 2021 CLCAR (2012).
- [24] EELA: E-Infrastructures shared between Europe and Latin America: <https://www.eu-eela.eu>
- [25] GISELA: Grid Initiatives for e-science virtual communities in Europe and <https://www.gisela-grid.eu/>
- [26] MinCiencias: Ministerio Nacional de Ciencia y Tecnología: <https://minciencias.gov.co/>
- [27] SC3UIS: Supercomputación y Cálculo Científico UIS: [www.sc3.uis.edu.co](http://www.sc3.uis.edu.co)
- [28] UIS: Universidad Industrial de Santander: [www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)
- [29] UNIANDES: Universidad de los Andes: [www.uniandes.edu.co](http://www.uniandes.edu.co)
- [30] NVIDIA® : [www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)
- [31] HPE® Hewlett Packard Enterprise: [www.hpe.com](http://www.hpe.com)
- [32] INTEL®: [www.intel.com](http://www.intel.com)
- [33] Ecopetrol: Empresa Colombiana de Petroleos: [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)
- [34] MinTIC: Ministerio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: [www.mintic.gov.co](http://www.mintic.gov.co)

ACTAS  
Conferencia TICAL2021 y 5° Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia  
“Repensando La Universidad Impulsada por las Tecnologías Digitales”  
En-Línea – 30 de agosto - 2 de septiembre, 2021

- [35] PTG: Parque Tecnológico de Guatimar: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/investigacionExtension/guatimar/>
- [35] INS: Instituto Nacional de Salud: <https://www.ins.gov.co/>
- [36] SCCAMP: Supercomputing and Distributed Systems Camping School [www.sc-camp.org](http://www.sc-camp.org)

## EU-LAC ResInfra: Towards a new EU-LAC partnership in Research Infrastructures

I. Figueroa<sup>a</sup>, S. Guaylupo<sup>b</sup>, Rafael Mayo-García<sup>c</sup>, K. Megerle<sup>d</sup>, L. Pezzati<sup>e</sup>, A. Triana<sup>f</sup>.

<sup>a</sup> Subdir. Gen. Internacionalización de la Ciencia y la Innovación, Ministerio de Ciencia e Innovación  
Paseo de la Castellana, 162; 28046 Madrid, Spain  
inmaculada.figueroa@ciencia.gob.es

<sup>b</sup> Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)  
Pintor Murillo, 15, 28100 Alcobendas. Spain  
sabina.guaylupo@fecyt.es

<sup>c</sup> División TIC, CIEMAT,  
Avda. Complutense, 40, 28040 Madrid, Spain  
rafael.mayo@ciemat.es

<sup>d</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Linder Höhe, 51147 Köln, Germany  
Kathrin.Megerle@dlr.de

<sup>e</sup> Istituto Nazionale di Ottica, CNR  
Largo E. Fermi 6, 50125 Firenze, Italy  
luca.pezzati@cnr.it

<sup>f</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología  
Av. Insurgentes Sur 1582, Ciudad de México, Mexico  
andres.triana@conacyt.mx

**Abstract.** EU-LAC ResInfra is a H2020 project that has identified a number of European, Latin American, and Caribbean Research Infrastructures (CELAC RIs) that are considered eligible for the construction of a bi-regional collaboration. This is being carried out through the definition of minimal key requirements these RIs would need to develop in the coming years and how they are profiting from Academic Networks such as RedCLARA. To this aim, the Project is building on the prioritization results of the EU-CELAC Senior Official Meeting on Science and Technology (SOM) Research Infrastructure (RI) Working Group (WG). In addition, EU-LAC ResInfra will develop a map of National and Regional Research Infrastructure policies, and their corresponding strategies and plans, included funding mechanisms that might be used to support the construction and operation of future EU-LAC RIs. Finally, EU-LAC ResInfra will use all the results and information obtained for drafting a Sustainability Plan, which will be presented to the EU-CELAC RI WG for discussion and endorsement. The objective is to design specific variable geometry instruments for cofounding RIs of common interest, and to design measures that pursue the strengthening of the bi-regional RI cooperation, seeking to maximize the impact of the RI collaboration in the construction of the EU-CELAC Common Research Area. As demonstrators, the Project aims to show the feasibility of the EU-CELAC RI collaboration through ongoing pilots (INSTRUCT-ERIC, LIFEWATCH-ERIC, E-RIHS, and RICAP) in different scientific domains that are linked to some existing Research Infrastructures, all of them making use of services as those provided by RedCLARA.

**Palabras Clave:** e-Infrastructures; ICT Advanced Services; Structural Biology; Biodiversity; Heritage Science; Supercomputation.

**Eje temático:** g) Ambientes y herramientas de colaboración interinstitucionales a través del uso de tecnologías avanzadas.

## **1. Introduction**

The EU-CELAC bi-regional cooperation in research and innovation has a long history and it is key in the political agenda of both regions. Back in 2010, the bi-regional EU-CELAC Madrid Summit endorsed the development of the EU-CELAC Knowledge Area [1] as a priority for the two regions under the on-going Joint Initiative for Research and Innovation (JIRI) [2]. Since then, high-level Senior Officials from national bodies of the EU and CELAC countries meet regularly in the Senior Official Meeting (SOM) configuration with the objective to implement the EU-CELAC JIRI. Thus, the fifth SOM held in Brussels on 14 March 2016 identified the international outreach of research infrastructures as a strategic pillar for the EU-CELAC Common Research Area (CRA), together with the mobility of researchers and addressing global challenges.

A year later, on 14 March 2017, the 42 countries participating in the sixth JIRI SOM held in Brussels, agreed to continue working on strengthening the strategic regional partnership in research and innovation under the EU-CELAC Common Research Area and to ensure that appropriate functioning and activities were defined to develop each of the three pillars mentioned above. More specifically, under the Research Infrastructures strategic pillar the Participants acknowledged the political and socio-economic importance of promoting a structured dialogue on research infrastructures and therefore endorsed, as a first step, the establishment of a working group on research infrastructures, the so-called SOM Research Infrastructure Working Group (EU-CELAC RI WG). The group aims to ensure bi-regional policy coordination through sharing of good practices, mapping of capacities and development of strategic actions related to RIs.

The main activities of the EU-CELAC RI WG according to its Terms of Reference are:

- Information exchange on EU-CELAC policies and RI priorities;
- Identification of RIs with potential to strengthen bi-regional cooperation

The EU-CELAC RI WG members recognize how important are the state-of-the-art global RIs in producing excellent science to tackle global challenges, to foster innovation, and to promote the mobility and training of researchers. In this regard, the members express their strong willingness to strengthen the EU-CELAC cooperation in Science, Technology and Innovation through the reinforcement of collaboration in RIs. It is in this context that the EU-CELAC ResInfra Project will be key to support the mandate of the EU-CELAC RI WG mandate.

## **2. The EU-LAC ResInfra project**

The EU-LAC ResInfra project [3] started on Dec 2019 and will last until the end of 2022. It has identified a selected number of LAC RIs eligible for participating of the RI bi-regional collaboration. The selection has been carried out in relation to the RIs capacity for the production of high quality-excellent science, the portfolio of services offered; the access policy the RI performs, including the transnational access; the maturity of the infrastructure in terms of long term sustainability, management and Human Resources policies among others.

The Project also focuses on analyzing existing national and regional research and innovation policies through the collection of published strategies and plans with the objective to design the bi-regional RI roadmapping exercise. A special interest is being placed on the identification and analysis of the funding tools that support the construction and operation of the future EU CELAC RI collaboration.

An special emphasis is being put on the design of a RI Sustainability Plan that will not only include the analysis in terms of RI capacity, but as well in terms of their feasibility. Based on a variable geometry it will aim to determine the co-funding actions for constructing, upgrading, improving operative capacities and effectiveness, and as well it will agree upon actions that raise the international outreach of these RIs in the framework of the EU-CELAC collaboration.

All of the previous is being articulated by implementing actions through a number of proposed pilot projects. They are designed as first attempts to the construction of the bi-regional collaboration on RIs. These actions, actually considered initial examples are designed to serve as references for supporting Ministries, funding agencies, RIs and scientific communities to build together the EU-CELAC Common Research Area and to show the real possibilities and capacities for working together in the development of RIs of common interest.

Summarizing, several general objectives are being tackled by EU-LAC ResInfra in order to achieve the desired impact:

- Support the identification of priorities for regional and bi-regional cooperation based on the respective strategic roadmapping exercises
- Foster the exchange of best practices between the EU and CELAC on issues of common strategic relevance
- Support the identification of a limited number of Research Infrastructures of bi-regional interest on which the project will have to conduct pilot cooperation demonstrators
- Strengthen the development of a consistent cooperation agenda with CELAC
- Develop the international outreach of the European research infrastructures' ecosystem
- Foster a global research area vision and the development of global research infrastructures
- Contribute to capacity building and to research infrastructures human capital development in targeted/relevant regions
- Enhance the role of the Union in multilateral fora

In other words, the main objective of the EU-CELAC ResInfra project is to contribute to fostering the biregional collaboration on Research Infrastructures by means of concrete actions through a number of Pilots and exchanges of best practices.

In what follows, the reader can find a more detailed explanation of these pilots and how they profit from the advanced services that RedCLARA offers.

### **3.Promoting the EU-LAC RI area through the collaboration between RIs from Europe and LAC**

One of the objectives of the project is to support the construction of the RI EU-LAC collaboration area by establishing bridges between the pan-European RI, especially those included in the Roadmap of ESFRI, and national RIs with international potential in their LAC counterpart region. Thus, four pilots are being developed, with the intention to contribute to the construction of the RI EU-LAC collaboration, by: INSTRUCT-ERIC [4], E-RIHS [5], LIFEWATCH-ERIC [6], and RICAP [7].

In the selection of the pilots a variety of aspects were considered: i) coverage of the thematic areas prioritized by the WG such as environment/biology and topics in which there is a demonstrated interest in collaborating, such as cultural heritage or supercomputing; ii) their readiness and willingness to establish sustainable bi-regional

collaborations; iii) their capacity to develop specific activities to support the exchange of best practices and capacity building in those topics identified as critical by the WG, such as, governance, access, training, innovation, internationalization (construction of global infrastructures). On this last point, it is also interesting to underline that, in order to add value to the exercise, the pilots have been chosen in different phases of their life-cycle (pan-European RI in operation and producing science, ESFRI Projects under implementation, networks of national/regional infrastructures).

The pilots are working on encouraging and promoting their activities towards the identification of specific areas of common interest for the biregional collaboration and synergies between the research infrastructures. Each of them will produce a specific roadmap to sustain the collaboration in the future, including concrete actions for the development of regional research networks around the pilots for strengthening the future of the EU-LAC infrastructures, also profiting from RedCLARA infrastructure and services.

The pilots are expected then to serve to demonstrate the feasibility of the construction of the bi-regional collaboration by providing real examples in the specific topics addressed.

### **3.1. INSTRUCT-ERIC**

Health is one of the top societal challenges faced by all communities. While certainly Health is a complex matter, one key approach to gain information on the basic principles underline health and disease states is through a molecular/atomic understanding of the cell. To reach this level of information, large and varied infrastructures are needed, demanding substantial investments. In this pilot, the project aims at developing a set of actions between the European Research Infrastructure for Structural Biology (SB) Instruct-ERIC and Latin American countries so that an efficient mechanism to access infrastructures will be jointly developed. It should be noted that Latin America was selected as one of the areas for Instruct-ERIC to explore.

The overarching objective of the current Pilot aims at building on practical cases, contemplating the mutual opening and access of infrastructures at Instruct-ERIC and LA countries, the sharing of best practices, the capacity building and, finally and based on this practical experience, the making of an analysis of the current situation and the best ways to achieve a productive interaction.

Specifically, the pilot is pursuing:

- To have a detailed analysis of the different national Roadmaps in the SB area and how they could be coordinated
- To mutually open international infrastructures in an exploratory, yet sustainable manner
- To stablish common “best practices” and access procedures
- To make an in-depth analysis based in the acquired experience

Several actions have been carried out within the project. The LAC structural biology Working Group was formed with membership from Instruct and LAC organizations through the signature of the corresponding MoU. In this sense, the working group has:

- Created an extensive database of structural biologists in LAC
- Prepared a questionnaire to look into needs and challenges of the community
- Completed first round of answers (111 received so far)

With all of this, it is expected that the information obtained will help to communicate

the EU LAC working group of the existing blocks for scientific development in the area with great impact on Health and food security for the region including vaccine development.

Also, ten (10) projects of LAC scientists using Instruct infrastructure are under way. In addition to the scientific progress for each individual project other progress includes the identification of issues involved in using high end infrastructure: sample quality and data management. In this sense, the pandemic has highlighted the need for remote access to be made available

Instruct and EU LAC scientists have made advances in exchange of experiences in crucial areas for RIs like remote access and data management and the development of a new model for use of international RIs using regional centers to ensure sample quality and good use of resources

### **3.2 E-RIHS**

The European Research Infrastructure for Heritage Science, E-RIHS, is a distributed Research Infrastructure (RI) dedicated to furthering research and innovation in heritage science, the interdisciplinary domain of the scientific study of heritage. Europe is a global leader in heritage science, with a well-established reputation for innovative research that combines complementary knowledge and skills from many diverse disciplines. E-RIHS seeks to enhance this role by providing greater access to expertise, know-how, research capacity and resources through four main platforms, representing diverse facilities and their associated expertise:

- ARCHLAB – archives of scientific information and physical reference collections.
- FIXLAB – a diverse portfolio of fixed analytical facilities.
- MOLAB – a series of mobile laboratory units.
- DIGILAB – digital knowledge and data repositories, collaborative tools, and online research facilities.

Beyond coordinating access to a formidable range of expertise, instruments, and data relative to heritage artefacts, collections, and their historical context, E-RIHS generates and disseminates new research activities and knowledge, engages audiences, enables training, supports the development of standards and policies, and makes available a wide range of specialized services and products. Through this, E-RIHS fosters a culture of interdisciplinary exchange, discussion, and cooperation.

The E-RIHS idea stemmed from the EU scientific community of heritage science community in 2013. The E-RIHS community is now engaged in its 4th integrating project, IPERION HS, which includes 23 countries and will continue for the next three years, and of which both the Brazilian and the Mexican potential future E-RIHS National Nodes are partners. In 2020, 16 countries plus ICCROM and the JPI CH launched the E-RIHS Interim General Assembly, and 13 of these countries submitted in February 2021 the Step 1 proposal for E-RIHS to become a European RI Consortium (ERIC).

E-RIHS aspires to become a global RI entity by building on the internationally leading status of EU heritage science. In the fullness of time, E-RIHS will establish an infrastructure that will connect with partners and facilities outside the EU and outreach to a worldwide community of users. Among the benefits associated with its steady-state size, E-RIHS will bring defragmentation to both the EU and the global HS research

areas. It will greatly enhance HS research by enabling the global interoperability of measurement protocols, of training policies (e.g., the E-RIHS Academy) of digital tools and of data. In respect to this last point, E-RIHS will provide the unique access point to HS knowledge and a reference for researchers and scholars in all disciplines, interested in natural and cultural heritage studies.

### The E-RIHS pilot action

The E-RIHS pilot in ResInfra aims at strengthening the bi-regional cooperation on data interoperability, which will be one of the pillars of defragmentation of heritage science at the global level. The action is thus strategic in the E-RIHS agenda along the (long) way of the development of a global infrastructure for the heritage science community.

The primary objective of the pilot is to establish a concrete technical framework for heritage science data interoperability and exchange between E-RIHS and its related CELAC research infrastructures. The framework will promote:

- Shared best practices for data and metadata management,
- The use of open standards and software,
- Data FAIRness, in compliance with the RDA recommendations and the EOSC guidelines,
- The establishment of a common digital platform.

The achievement of such objective is also expected to demonstrate how the exchanging of data between research infrastructures in EU and CELAC countries can lead to true and effective cooperation and the potential role of mutually opening data for advancing science and cultural diplomacy.

### Implementation

The pilot started by involving the two research infrastructures which developed a strong relationship with E-RIHS during last years: the consortium ANTECIPA (Associação Nacional de Pesquisa em Tecnologia e Ciência do Patrimônio, seated at the Federal University of Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, Brazil) and the LANCIC (National Laboratory at the Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, in Mexico City). Both RI are acting as regional hubs for E-RIHS and plan to connect RI of other CELAC countries in their respective areas of influence.

The first step was the establishment of a specific Working Group of digital experts from CELAC and EU, embedded within the wider DIGILAB WG, which is devoted to the planning and implementation of the future digital platform of E-RIHS: the DIGILAB. The WG organized and carried out the participation to the Costa Rica 16th RDA Plenary, where a BoF session (unfortunately, virtual) was held by the title: “Linguistic and Disciplinary Barriers to Heritage Science Data Interoperability”. The title well summarizes the major two obstacles to data and tools interoperability within the wide multidisciplinary community of heritage science, where there is no lingua franca yet, even if most practitioners know and use English.

The WG then agreed on the definition of an initial pool of commonly used techniques for testing data interoperability:

- X-ray spectroscopic imaging
- Scanning Electron Microscopy (SEM)
- Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
- Raman Spectroscopy.

The resources currently available to E-RIHS preclude the pilot to explore case studies beyond this initial selection, which can thus be considered as “pilot case studies within the pilot”.

The next action, currently ongoing, is the definition of a pool of EU and CELAC laboratories to take part in the pilot tests on the chosen four techniques. Researchers in the selected institutions will then contribute to: i) the identification of practical obstacles to data interoperability and of possible solutions to overcome them; ii) the design and implementation of experiments on the exchanged datasets and of testing of interoperable solutions; iii) a preliminary definition of good practices for data exchange. The results of the pilot are expected to lead to the building of a common digital platform for data (and tools) exchange, to be successively integrated in the E-RIHS DIGILAB.

### **3.3. LIFEWATCH**

LifeWatch ERIC is the e-Science European Distributed Infrastructure focused on how to measure the impact of Global Climate Change issues on Earth Biodiversity and Ecosystem Research. Its expected impact is to be a structuring tool for the European Research Area (ERA), also supporting policy decision making addressing Societal Challenges which demand scientific knowledge in a Global Climate Change context, including Citizen Science activities. This mission is achieved by providing access to a multitude of data sets, services and tools enabling the construction and operation of Virtual Research Environments (VRE) which provide the environments for integrating (big and long tail) data, software and computation as developed in pan European Research (e-)infrastructure cooperation, by also considering the duly engagement with recently established of such initiatives, as the European Open Science Cloud (EOSC) and Copernicus (Remote Sensing) programmes, taking also benefit of the use of cutting-edge technologies such as Blockchain (“LifeBlock” platform), Deep Learning & Artificial Intelligence. LifeWatch ERIC is establishing a Thematic Centre on Atlantic-Latin America-Caribbean Biodiversity Ecosystem Services by taking benefit of the use of Andalusia Region (Spain) ERDF (Structural Funds) in synergy with other H2020 and INTERREG funding resources.

The LifeWatch mission is achieved by providing access to a multitude of data sets, services and tools enabling the construction and operation of Virtual Research Environments, which provide the environments for integrating data, software, and computation as developed in pan-European infrastructure cooperation, by means of the use of the ICT “state of art” Big Data, Deep Learning IA, Edge Computing, Blockchain...In this sense, the implemented Global Biodiversity Informatics Outlook (GBIO) Framework identifies 20 components as essential elements of biodiversity informatics and organized as four layers: Culture, Data, Evidence, and .Assesment.

This GBIO framework is designed to understand biodiversity and ecosystem research by building modeled representations of biodiversity patterns and properties, based on any possible evidence through the following components:

- Multiscale species modelling
- Trends and predictions
- Modelling biological systems
- Visualization and dissemination
- Prioritizing new data capture

### **3.4. RICAP**

The aim of this pilot is to demonstrate how a multidisciplinary field, such as computation is, can deserve important outcomes for a fruitful collaboration in the EU-LAC region acting as an articulated skeleton targeting multiple fields. In this sense, the Iberian American High Performance Computing Network (RICAP) has been working on providing the EU-LAC region with a strategic infrastructure in the field of High Performance Computing (HPC). RICAP brings together 15 institutions providing computing facilities sited in 9 different countries (Argentina Brazil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Mexico, Chile, Spain, and Uruguay).

A high computing power has been made available to the community, which is a real alternative to proprietary services located outside the region. This access is for free and made under competitive calls following successful similar concepts worldwide (PRACE, RES, etc.).

RICAP encompasses different impacts:

- Effective interconnection of high performance open services from RICAP clusters (both supercomputing and cloud access)
- The implementation and subsequent promotion of software-based solutions for the access and exploitation of this network
- The design and development of open source tools that will improve the computational efficiency of the infrastructure in an unattended and dynamic way, especially in an environment such as the cloud
- The promotion of the transfer of knowledge and the impact of RICAP through the provision of tutorials and seminars for administrators and end users with the latest technologies in the field
- The collaboration with other national and regional initiatives, namely EOSC, RedCLARA, PRACE, and others.

Thanks to RICAP and its multidisciplinary aspect, it is being possible to carry out new scientific and technological activities on Physics, Chemistry, Computational Science, Health, Environment, Humanities, etc. by different EU-LAC groups as well as several students and scientist are being trained on simulation skills.

### Results

RICAP Pilot is contributing within ResInfra to the identification of priorities for regional and biregional cooperation based on strategic road-mapping exercises following a bottom-up approach from their expertise supporting LAC research entities on different fields and through the ongoing collaborations with European and Latin American cornerstone RIs and major research centers.

This bottom-up approach consists of a three-fold strategy defined for identifying the best way for achieving sustainability in the region:

- Identification of potential EU and LAC partners for HPC sustainability. A report has been published by ResInfra identifying 26 key actors based in LAC and Europe
- Identification of best practices on HPC for LAC. A report has been published by ResInfra reporting on the current LAC context and providing a SWOT analysis
- HPC Roadmap in LAC for the coming years, which is still to be drafted and published

Beyond these reports of importance for the WG, a great step beyond for sustainability

has been carried out with the setup of SCALAC as HPC provider (see below).

From the ResInfra perspective and action plan, RICAP has participated in those dedicated workshops and meetings between the EU and CELAC that have been already held presenting their outcomes. It is worth mentioning the 7th EU CELAC RI WG Meeting held on March, 4<sup>th</sup> 2021.

Likewise, provision of free HPC resources has been carried out along these years. As those of Dec 2020, a cumulative total of 48 groups have accessed the supercomputing infrastructure consuming ~48 millions of computing time. As a result, 13 HPC schools have counted on the participation of RICAP experts, 18 theses have been successfully defended, and more than 60 articles have been published acknowledging RICAP.

#### Connection with RedCLARA

RICAP has greatly profited from the network and services provided via RedCLARA. The access to the HPC resources allocated in 9 different countries from LAC groups distributed along the region would have been impossible if the academic network administrated by the RedCLARA NRENs would not have been there. In this sense, RICAP would be meaningless without RedCLARA and the science that has been done would have been never produced.

Nevertheless, the collaboration with RedCLARA has gone much further with the provision of the RedCLARA HPC advanced service [8]. Based on an agreement with SCALAC (Sistema de Cómputo Avanzado para América Latina y el Caribe), the same scheme exploited by RICAP will be offered to the LAC community. It is important to mention that SCALAC, officially launched in Costa Rica as a legal entity in 2019, is formed by institutions also participating RICAP, so it can be considered as one of the RICAP outcomes for ensuring sustainability.

## **4. Conclusions**

EU-LAC ResInfra project main impacts are being tackled by fostering the development of a stable framework of cooperation and a realistic roadmap that will impact on the internationalization of RIs from both regions. It is pursued then the strengthening of the EU-CELAC cooperation, the human capital development and capacity building, the use of demonstrative collaboration experience to facilitate researching activities, the offer of joint research and of access to high level scientific instruments, methods and data, and the shared exploitation of research infrastructures management experiences.

In addition to the expected impact as previously defined, the project will continue building on the EU-CELAC policy relations, acting as a relevant actor for science diplomacy. EU-LAC REsInfra project is strengthening the links between the two regions, supporting also at the highest political level the proposals made in the framework the EU-CELAC Joint Initiative on Research and Innovation (JIRI) adapting as much as possible its requested measures.

Additional actions are focused on raising awareness of the general population in EU and CELAC countries on the importance of using RIs as means to produce excellent science, to create highly skilled jobs, to foster innovation, and to make clear the importance of the RIs cooperation to face the extremely high cost of the construction and operation of the RIs, impossible to be afforded by a single country on its own.

Last but not least, special awareness will be placed to research and entrepreneurial

stakeholders as direct users of RIs, meaning that they need to know about the different RI capacities and the possible added value that the use of RIs can bring to their activities. In this sense, the collaboration with RedCLARA is a valuable asset.

## **Acknowledgements**

ResInfra EU-LAC project has received funding from the European Union’s Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement nº 871140.

## **References**

- 1 ‘Towards the EU-LAC Knowledge Area’, available at [http://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/fa\\_eu\\_amlatina\\_en.pdf#view=fit&pagemode=none](http://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/fa_eu_amlatina_en.pdf#view=fit&pagemode=none)
- 2 ‘Document on the Joint Initiative for Research and Innovation’, available at [http://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/joint\\_initiative\\_for\\_research\\_and\\_innovation\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/joint_initiative_for_research_and_innovation_en.pdf)
- 3 ReInfra EU-LAC, available at <https://resinfra-eulac.eu/>
- 4 Instruct-ERIC, available at <https://instruct-eric.eu/>
- 5 E-RIHS, available at <http://www.e-rihs.eu/>
- 6 Lifewatch, available at <https://www.lifewatch.eu>
- 7 RICAP, available at <http://www.redricap.org/>
- 8 ‘Colaboración Científica en Cómputo Avanzado’ from RedCLARA, available at <https://www.redclara.net/index.php/es/colaboracion/conozca/hpc>



## Capítulo 7

### **eCiencia: Ambientes y herramientas de colaboración interinstitucionales a través del uso de tecnologías avanzadas**



## Amazonía ciencia y cultura, difusión del patrimonio cultural en época de COVID utilizando herramientas Web 2.0

María Soledad Solórzano Venegas<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Grupo de investigación Población y Ambiente Universidad Regional Amazónica Ikiam,  
Kilómetro 7 vía Muyuna 170175 Tena, Ecuador

maria.solorzano@ikiam.edu.ec,

**Resumen.** Como resultado de la crisis sanitaria producto del SARS-COV2, primero con el aislamiento total y luego con el distanciamiento social se pusieron en peligro muchos proyectos en donde el contacto humano era necesario para su ejecución y difusión se creyeron en riesgo. En países latinoamericanos como Ecuador las herramientas digitales para la divulgación y difusión de ciencia que se encontraban subutilizadas hasta ese momento, fueron cobrando fuerza al ser la forma más eficiente para continuar con el contacto en tiempo real. Dentro de este contexto, el grupo de investigación Población y Ambiente de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, que venía desarrollando el proyecto arqueológico Pashimbi Milenario del cual se desprendió la secuencia cronológica de la Amazonia central ecuatoriana y una sala de exhibición permanente, además de la investigación Artesanías de Producción Milenaria que, trabaja en la salvaguardia del Patrimonio Cultural de los cantones Tena y Archidona, tuvo que buscar estrategias para dar continuidad los procesos de difusión y divulgación de los resultados con los que se contaba hasta ese momento, acelerando la construcción de una página web. Comunidades vinculadas a emprendimientos turísticos de corte comunitario, representantes del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tena, del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, junto con docentes estudiantes y miembros de comunicación de Ikiam, aunaron esfuerzos para el desarrollo de Amazonía Ciencia y Cultura. El objetivo de esta ponencia es difundir la página web, sus entradas y proyecciones a futuro, como una herramienta que no solo contribuye a la conservación y salvaguardia del Patrimonio Cultural de los cantones Tena y Archidona, sino también coadyuva al fortalecimiento de la identidad local, nacional y regional. La pagina se va actualizando conforme las investigaciones avanzan o con nuevos eventos que se generan alrededor de estas.

**Palabras Clave:** Arqueología, Etnografía, Patrimonio Cultural Inmaterial, Difusión Divulgación, Página Web.

**Eje temático:** Visualización científica

## 1. Introducción

Las tecnologías digitales, las herramientas y los procesos asociados a ellas, han coadyuvado a un incremento en la producción de nuevos tipos de publicación o nuevas formas de comunicación científica formal e informal [1]. En las redes digitales ocurre una inmensa variedad de intercambios mediados por una multiplicidad de artefactos, que desde una perspectiva antropológica permiten captar las distintas voces de los actores y la diversidad de registros narrativos que se agitan en la mediatización [2].

En plena era de la tecnología digital, el SARS-COV2, transformó completamente la normalidad en la que el planeta se desenvolvía, primero por el aislamiento, luego por el distanciamiento social. Los programas y proyectos vinculados con el Patrimonio Cultural no fueron la excepción, para abril de 2020, la organización de las Naciones Unidas para la Educación la ciencia y la Cultura, estimó que como consecuencia del brote del coronavirus el 90% de los aproximadamente 60.000 museos, grandes y pequeños, públicos y privados del mundo se vieron obligados a cerrar total o parcialmente sus puertas, enfrentando retos que incluyen, la protección de sus colecciones, la garantía de la seguridad, la salud del personal la resolución de problemas financieros y el mantenimiento del compromiso con su público [3].

En medios de comunicación locales e internacionales, televisión radio y claro está en internet, se publicaban noticias con un panorama cada vez más desalentador conforme pasaban los días. Vidas humanas se perdían y los proyectos de investigación en donde las reuniones eran necesarias para su ejecución y para para la tradicional forma de presentación de resultados empezaron a correr peligro, primero por el aislamiento y luego por el distanciamiento social, en tanto el contacto persona a persona era un riesgo inminente.

El primer caso de COVID-19 reportado en la Amazonía Ecuatoriana fue en la Provincia de Sucumbíos, el 29 de febrero, importado de un turista extranjero que había visitado la Reserva Faunística Cuyabeno, empezando el confinamiento en Ecuador el 19 de marzo de 2020 [4].

Museos, salas de exhibición, nacionales e internacionales, cerraron sus puertas al público, como ya se mencionó y se debieron buscar formas de subsistir. No fue diferente en Ecuador y mucho menos en la Amazonía, sin embargo, se encontró en ciberespacio una alternativa eficiente y de amplia cobertura que estaba siendo subutilizada hasta ese momento, para dar continuidad al desarrollo de actividades académicas e investigativas.

En este contexto, la Universidad Regional Amazónica Ikiam (URAI) había terminado la fase de recolección de información de dos proyectos vinculados a la línea de investigación “Patrimonio cultural” del grupo Población y Ambiente, lleango a proponerse la paralización de la divulgación inicial de los resultado resultados.

Por una parte, se encontraba el proyecto Pashimbi Milenario, investigación arqueológica en la que a través del trabajo multidisciplinario permitió documentar información de seis ocupaciones humanas en un lapso de 4.000 años en el área del campus de la URAI, con información que contribuyó a generar la columna vertebral la historia antigua de la Amazonía central ecuatoriana [5], además de que con material cerámico recuperado y reconstruido se construyó un sala de exhibición física permanente, que no pudo abrir sus puertas a la comunidad hasta noviembre del 2020.

Por otro lado, el proyecto Artesanías de producción milenaria en el que se trabajó en la documentación de técnicas artesanales de producción de diferente tipo de objetos con materiales y herramientas utilizados previos al contacto hispánico, en donde se dio énfasis a la alfarería [6]. En este proyecto se documentó información de comunidades con emprendimientos turísticos, en las que se realizaban demostraciones en vivo de la elaboración de cerámica, chicha, cestería, objetos de madera.

Es importante anotar que, sobre la base de la memoria social y los paisajes culturales, a partir del año 2014, en Ecuador empezó a cobrar interés el Turismo naranja, concebido como un turismo sostenible y generador de desarrollo cultural, económico y social a partir de la gestión turística responsable del Patrimonio Cultural, la producción artística y las industrias culturales y creativas [7]. Estos emprendimientos a nivel mundial tuvieron y tienen que enfrentar contratiempos económicos severos producto de las medidas sanitarias adoptadas por los gobiernos como forma de prevención de la expansión del SARS-COV2.

En este contexto docentes, estudiantes y miembros del área de comunicación de la URAI junto con representantes de cuatro comunidades en donde se desarrollan proyectos de turismo comunitario, funcionarios del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal Tena y el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, empezaron con una serie de reuniones que dieron lugar a la página web Amazonía Ciencia y Cultura [8], una herramienta de difusión y conservación del Patrimonio Cultural inmaterial y arqueológico de los cantones Tena y Archidona, provincia de Napo.

El objetivo de esta ponencia es difundir la página web resultante del trabajo mancomunado en pro de la conservación y salvaguardia del Patrimonio Cultural inmaterial y arqueológico de la Amazonía centro ecuatoriana, teniendo en consideración que la pandemia contribuyó al desarrollo acelerado de esta herramienta de difusión y divulgación científica, que ya se utilizaba por los grandes museos del mundo.

## **2. Métodos y Técnicas**

El internet es la red de redes donde reside toda la información, siendo un entorno de aprendizaje abierto, un “organismo vivo” que evoluciona [9], que de cierta manera fue subutilizado durante décadas y se convirtió, como todos conocen, en la manera más eficiente de mantener un flujo de comunicación científica en medio del aislamiento primero y luego del distanciamiento social.

La página web Amazonía y Cultura, se construyó con un enfoque de Investigación Acción Participativa [10], sobre la base de una serie de encuentros que partieron del hecho de que la construcción de la memoria social y la preservación del Patrimonio Cultural están vinculadas a las prácticas concernientes a la reproducción de vida social.

El primer paso fue recopilar la información que se encontraba dispersa en el internet y en los archivos de los proyectos Pashimbi Milenario y Artesanías de producción milenaria, videos, notas de prensa, fichas, informes, principalmente, para identificar los contenidos mínimos con los que se contaba y los que se necesitaba generar.

Una vez identificada la información, se realizó una revisión conjunta de la misma en reuniones donde participaron personas de las comunidades Teiyuyaku, Venecia derecha, Kachiwañuska barrio Guayusa, el emprendimiento Napu Manka, representantes del GAD Tena, el INPC estudiantes y miembros del equipo de comunicación de la URAI.

De manera concomitante, el INPC proporcionó el modelo de Ficha de Portadores de

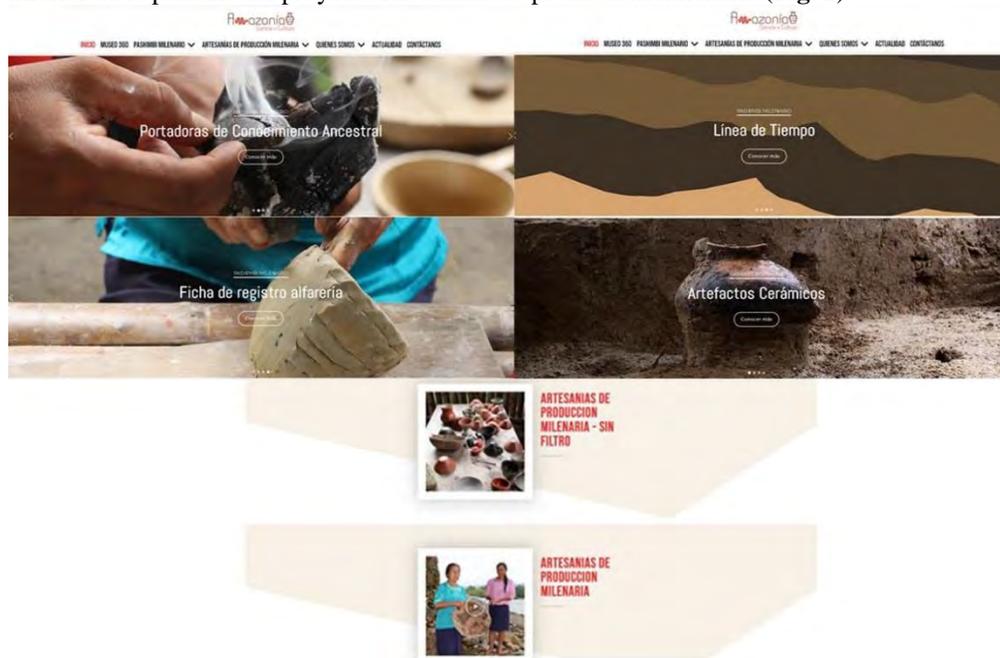
Conocimientos Ancestrales y de inventario de objetos arqueológicos. Las fichas de inventario de objetos arqueológicas de la exhibición Pashimbi Milenario fueron subidas al Sistema de Información del Patrimonio Cultural Ecuatoriano (SIPCE) y enlazados al portal de difusión científica ReasrechGate [7].

Con la información de los contenidos validados, estudiantes junto con miembros del equipo de comunicación de la URAI, empezaron a almacenar la información en la plataforma WordPress.com, que trabaja con dos lenguajes declarativos, HTML y CSS, y dos lenguajes de programación JavaScript y PHP [11]. En principio se trabajó en la versión gratuita, para luego realizar el cambio a la de pago, con grandes mejoras a nivel estético principalmente.

### 3. Resultados

La página web Amazonía Ciencia y Cultura cuenta con siete entradas: Inicio, Museo 360, Pashimbi Milenario, Artesanías de producción milenaria, Quiénes Somos, Actualidad y Contáctanos. Cada entrada posee pestañas de fácil acceso a la información.

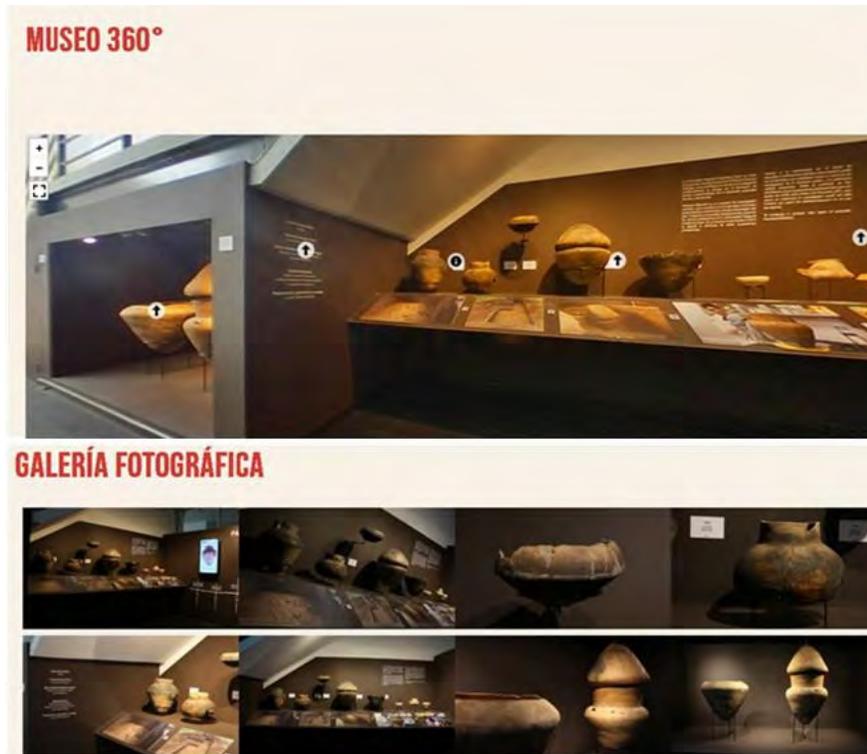
La entrada Inicio, permite el acceso directo a cuatro apartados. Línea de Tiempo y Artefactos cerámicos del proyecto Pashimbi Milenario, además de Ficha de registro, Portadoras de conocimientos ancestrales y dos videos que se encuentran fijos en la parte inferior de la pantalla del proyecto Artesanías de producción milenaria (**Fig. 1**).



**Fig. 1.** Página de inicio. <https://amazoniacienciacultura.ec/>

La entrada Museo 360 permite conocer sala de exhibición Pashimbi Milenario que se encuentra localizada en la parte baja de la URAI. La sala exhibición Pashimbi Milenario se encuentran conformada por ocho objetos cerámicos reconstruidos y tres siluetas del mismo material, cuatro fotografías del proceso de excavación y análisis realizados hasta el momento de su montaje, además dos pantallas de video, debajo de las cuales reposa la línea de tiempo de las seis ocupaciones identificadas dentro del proyecto de investigación arqueológica, misma que también reposa en la página web en la siguiente entrada.

En una de las pantallas de la exhibición se observan dos piezas que rotan sobre su eje para ver su forma en 360° y en la segunda se muestra la historia del sitio arqueológico. La exhibición cuenta con códigos QR que permiten una visita auto guiada. Dentro de la página web, en esta entrada -Museo 360-, se tiene una vista panorámica de la sala de exhibición en la parte superior, mientras que en la inferior se ve el detalle de los objetos (**Fig. 2**).

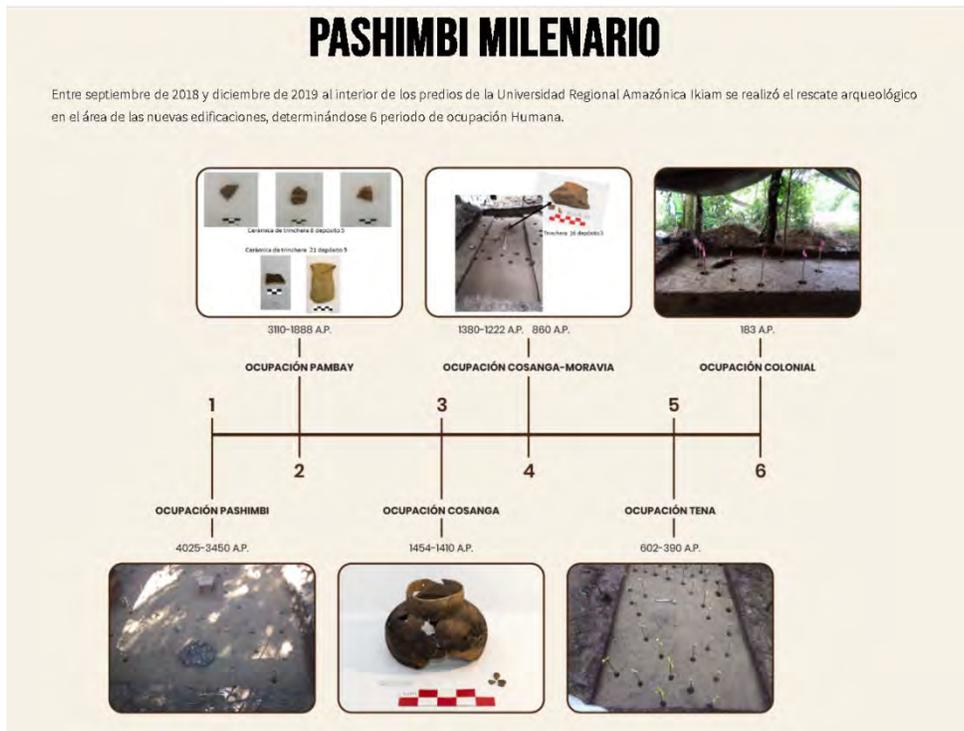


**Fig. 2.** Museo 360. Arriba vista panorámica de la sala de exhibición. Abajo galería fotográfica [https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=867](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=867)

En caso de que el visitante quiera conocer más sobre los objetos expuestos, pueden dirigirse a la sección artefactos cerámicos de la entrada que se describirá a continuación, pero en una sección diferente a Línea de Tiempo.

La entrada Pashimbi milenario cuenta con cinco secciones: Línea de tiempo, Artefactos cerámicos, Documentos académicos, Divulgación Pashimbi y Hallazgos especiales.

En la parte superior de la sección Línea de tiempo se identifica las seis ocupaciones del sitio arqueológico, en la parte inferior una pequeña reseña de las mismas, que contiene información similar a la presentada dentro de los códigos QR de la exhibición física, que ha ido cambiando en este año, conforme se han ido actualizando los resultados de la investigación (**Fig. 3**).



**Fig. 3.** Línea de tiempo, entrada Pashimbi Milenario. [https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=108](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=108)

La entrada Artefactos cerámicos, despliega la ficha de inventario de los objetos arqueológicos de la exhibición que se encuentran inventariados en el SIPCE y que, como ha se ha señalado, se encuentra enlazados al portal de difusión científica ReaserchGate.

Documentos académicos, por su parte, almacena la información de los artículos e informes que se han realizado en el sitio. Por otro lado, en Divulgación Pashimbi reposan los videos que se han realizado acerca del proyecto arqueológico, durante su ejecución del mismo.

La sala de exhibición física Pashimbi Milenario no cuenta con vitrinas, con la finalidad de evitar microambientes, pero también para que no exista una separación entre el visitante y los elementos exhibidos, por ese motivo los objetos diagnósticos con rasgos representativos de tamaño pequeño o los que no tienen un estado de conservación óptima no forman parte de ella, solo se puede tener acceso a estos a través de esta sección de la página, en la pestaña Hallazgos especiales.

La pestaña Hallazgos especiales, muestra 52 fichas de registro del material con rasgos diagnósticos que fueron recuperados al interior del sitio arqueológico Pashimbi durante la intervención ejecutada por el equipo de investigación de la URAI. En las fichas se encuentran detalles de la procedencia de los objetos, filiación cultural, tamaño, técnica de manufactura, etc., que permite que el público en general conozca los por menores de los elementos exhibidos (**Fig. 4**).



**Fig. 4.** Hallazgos Especiales colección entrada Pashimbi Milenario (muestreo de la información que el visitante encontrará)  
[https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=624](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=624)

La ventana Artesanías de producción milenaria, por su lado cuenta con cuatro secciones: Ficha de registro, Portadoras de conocimientos, Documentos académicos y Divulgación artesanas.

En la sección Ficha de Registro, se despliega la ficha de la manifestación “Alfarería en la provincia de Napo, Cantones Tena y Archidona, Utilizando Técnicas y materiales ancestrales” que forma parte del registro del Patrimonio Cultural inmaterial del Ecuador desde el 5 de noviembre del 2011 (Fig. 5). El acceso también lleva al portal ReaserchGate en donde puede observarse los detalles de la manifestación que también reposa en el SIPCE.

### FICHA REGISTRO ALFARERÍA NAPO

El 10 de Octubre de 2019, la alfarería de la provincia de Napo obtuvo su ficha de Inscripción como parte del Patrimonio Cultural del país, como parte del proyecto Artesanías de Producción Milenaria, desarrollado con el auspicio de la AECID.



<b>Localidad:</b>	Tiyuyacu, Venecia, Jerecha, Ahuano, San Pedro, Pimpillitu, Tena, Santa Rita, 20 de Mayo
<b>Denominación:</b>	Alfarería en la provincia de Napo, Cantones Tena y Archidona, Utilizando Técnicas y materiales ancestrales
<b>Grupo Social:</b>	Kichwa Amazónico
<b>Lengua:</b>	Kichwa Amazónico
<b>Ámbito:</b>	Técnicas Artesanales Tradicionales
<b>Subámbito:</b>	Técnicas Artesanales Tradicionales
<b>Detalle subámbito:</b>	Alfarería

[MÁS INFORMACIÓN](#)

**Cómo citar:**  
Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. (11 de noviembre de 2019). *Alfarería de la Provincia de Napo, cantones Tena y Archidona, utilizando herramientas y materiales ancestrales*. Obtenido de Sistema de Información del Patrimonio Cultural del Ecuador: [https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=114](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=114)

**Fig. 5.** Ficha de registro alfarería provincia de Napo, entrada Artesanías de producción milenaria [https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=114](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=114)

En la siguiente pestaña, Portadores de conocimiento, se tiene acceso a las fichas de Portadores de conocimientos ancestrales de las comunidades en donde se realizan demostraciones turísticas de elaboración de artesanías, tales como la producción cerámica, gastronomía, lavado de oro y producción de objetos en madera. Son fichas individuales que se encuentran separadas por comunidades (**Fig. 6**). En este apartado se cuenta con información de 18 artesanos y artesanas del cantón Tena y 5 artesanas del cantón Archidona, se alimenta conforme se van incorporando en el registro nuevos artesanos previa a la validación de la información por parte de funcionarios del INPC.



**Fig. 6.** Portadores de conocimientos ancestrales., entrada Artesanías de producción milenaria.

[https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=116](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=116)

Al igual que el apartado Pashimbi Milenario, Artesanías de producción milenaria cuenta con una pestaña para documentos académicos y otra de divulgación, en donde se tiene acceso a los documentos resultantes de la investigación y a los videos.

La entrada Quienes somos cuenta con dos pestañas, en la primera se explican la Visión y Misión de la página (**Fig. 7**). En la segunda se muestran a los colaboradores que desarrollamos la página.



## MISIÓN

Analizar a través de la historia las formas de interacción de las sociedades con el medio ambiente, dando énfasis de la tecnología que cada grupo ha utilizado a través de los años, con la finalidad de fortalecer los conocimientos ancestrales que forman parte del Patrimonio e Identidad Cultural de los pobladores de la Provincia de Napo, la Región Amazónica y el Ecuador en general.

## VISIÓN

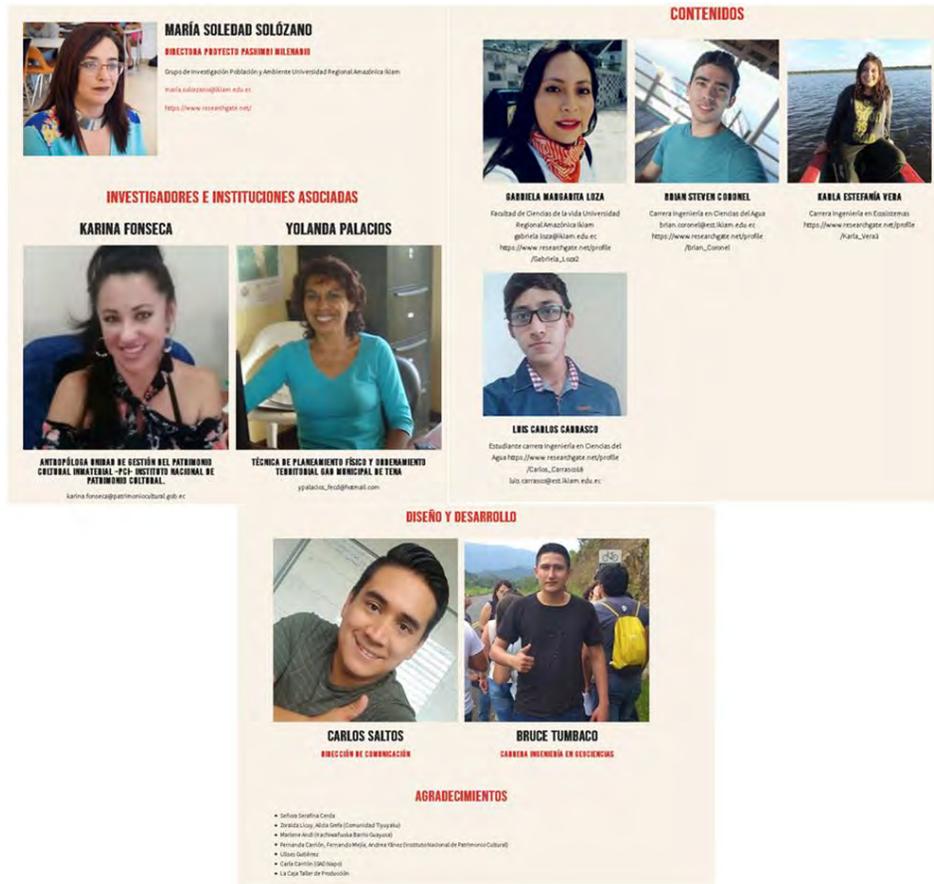
Llevar a todos los rincones del planeta la historia antigua y moderna de la Amazonía ecuatoriana mediante los canales de comunicación digitales de vanguardia.



**Fig. 7.** Misión y Visión entrada Quienes somos.  
[https://amazonienciacultura.ec/?page\\_id=127](https://amazonienciacultura.ec/?page_id=127)

Entre los colaboradores se detalla el papel de las personas que formaron parte del proceso de desarrollo, docentes, estudiantes y administrativos de la URAI, funcionarias del GAD Tena y del INPC, además de miembros de la comunidad que participaron activamente y de otras instituciones que colaboraron con los proyectos que alberga la página web y formaron parte de la revisión de los contenidos (**Fig. 8**).

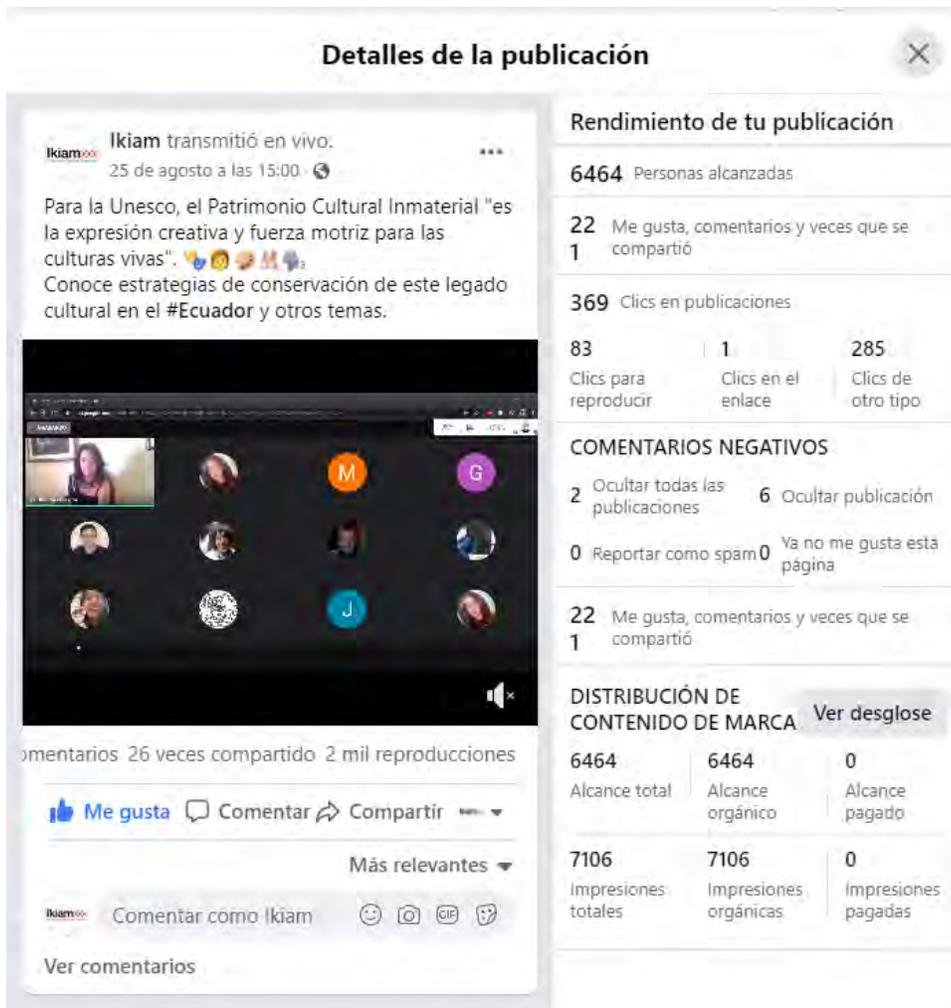
ACTAS  
 Conferencia TICAL2021 y 5º Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia  
 “Repensando La Universidad Impulsada por las Tecnologías Digitales”  
 En-Línea – 30 de agosto - 2 de septiembre, 2021



**Fig. 8.** Colaboradores, entrada Quiénes somos.  
[https://amazoniacienciacultura.ec/?page\\_id=130](https://amazoniacienciacultura.ec/?page_id=130)

En la ventana Actualidad se han colocado los eventos que se han realizado vinculados a la página web, entre estos se cuenta la presentación a la comunidad general mediante ciclo de conferencias denominado “De la planificación a la ejecución del Patrimonio Cultural”. El lanzamiento al público se realizó 25 de agosto de 2020 y se transmitió en directo vía Facebook por el sitio oficial de la Universidad Regional Amazónica Ikiam.

Si bien los asistentes a la transmisión fueron 43, el evento presentó 7.106 interacciones orgánicas totales y 2.000 reproducciones, con un rendimiento de 6.464 personas alcanzadas -fechas tomadas el 9 de septiembre de 2020- (**Fig. 9**).



**Fig. 9.** Estadísticas de la publicación en donde se realizó el lanzamiento de la página web Amazonía Ciencia y Cultura.

Por último, para hacer contacto con los miembros del equipo que desarrolló la página web se pueden hacer uso de la ventana correspondiente, o en su defecto escribir a los correos institucionales que constan en la ventana Quienes somos.

#### 4. Consideraciones finales

La página web Amazonia ciencia y cultura fue una herramienta diseñada durante el periodo de confinamiento como una estrategia de difusión y divulgación del trabajo ejecutado por parte del Grupo de Investigación Población y Ambiente de la URAI, dentro de dos proyectos de corte patrimonial, el uno arqueológico y el otro inmaterial.

El trabajo mancomunado Academia, Comunidad, el GAD Tena y el INPC permitió el desarrollo de una herramienta que contiene información del Patrimonio Cultural por ejes temáticos. Utilizando las ventajas brindadas por el internet se generaron soluciones a corto plazo, enfocadas a la documentación, pero principalmente a la salvaguardia y divulgación del Patrimonio Cultural Inmaterial y Arqueológico.

Los contenidos que fueron desarrollados mantienen una visión sistémica, se van complementando los datos entre sí. En el caso de Museo 360 y Pashimbi Milenario, permiten tener acceso a información detallada de la investigación arqueológica, permitiendo a investigadores y comunidad en general contar con detalles a los que se accede generalmente cuando se revisan las memorias de excavación.

A futuro se tiene considerado incorporar enlaces apoyados en herramientas web 4.0, que permiten realizar levantamientos tridimensionales de los objetos arqueológicos, similares a los que se exhiben en la pantalla de la exhibición permanente, de tal manera que comunidad científica y público en general puedan tener acceso a los artefactos desde cualquier parte del planeta, sirviendo no solo con fines recreativos si no también investigativos.

En el caso de las artesanía que forman parte del Patrimonio Cultural inmaterial, inventariado registrado o documentado, se puede acceder a la información de las y los artesanos y la formas de producción de objetos con técnicas y materiales milenarios, que forman parte de su memoria social heredada por generaciones incalculables. Memoria social que día con día, por la modernidad, entra en peligro de desaparecer, siendo el turismo naranja una estrategia que las comunidades han encontrado para mantenerlos vigentes, pero que con el distanciamiento social también corre peligro de forma mediata, sin embargo, haciendo uso de estas herramientas puede generar potenciales visitantes.

Se tiene previsto junto con el GAD Municipal de Tena y también con el de Archidona, complementar la información de las y los alfareros de estos cantones, enlazar en el sistema de Ordenamiento Territorial de Tena la ubicación de los portadores de conocimientos ancestrales.

Amazonia Ciencia y Cultura, es una página web que se desarrolló como una estrategia de residencia para la conservación de la memoria social y fortalecimiento de la identidad , para que las personas que tengan conectividad puedan acceder a la historia antigua y moderna de los cantones Tena y Archidona, como un aporte que surge del trabajo conjunto: Academia, Comunidad, Gobiernos autónomos locales y Gobierno central.

Si bien es cierto para el desarrollo de esta herramienta se utilizaron herramientas cotidianas para los especialistas en TICs, en medio de la pandemia, en Ecuador constituyó una de las primeras páginas que consolidan información producto de actividades académicas vinculadas a investigaciones sobre Patrimonio Cultural inmaterial y arqueológico, en donde la comunidad trabajó de forma activa. Paradójicamente para algunas de estas comunidades no es posible el acceso a internet fijo, debido a que por su ubicación no existe este tipo de cobertura, solo móvil, sin embargo, ellos pueden llegar a varios rincones del planeta, para dar a conocer la diversidad cultural heredada.

## **Agradecimientos**

El desarrollo de la página web contó con la participación directa de Gabriela López, Brian Coronel, Carlos Carrasco, Carla Vera, Bruce Tumbaco, Carlos Saltos miembros de la URAI; Yolanda Palacios -GAD Tena-, Karina Fonseca -INPC-. Serafina Cerda -Napu Manka Warmi-, Alicia Cerda, Zoraida Licuy -Asociación Tiyuyaku-, Luis Cuñez Andi -Venecia Derecha-, Marlene Andi -Kachiwañuska barrio Guayusa-.

Un agradecimiento especial para la Agencia Española de Cooperación y la Unión Europea, quienes se encuentran financiando el proyecto Fortalecimiento del Patrimonio Cultural Material e Inmaterial que es la continuidad de Artesanías de Producción Milenaria.

## 5. Referencias

- 1 Guerra González, JT: El efecto de Internet en la diversificación de las publicaciones científicas: nuevas tipologías documentales y nuevas reglas para la explotación de los contenidos, Universidad Autónoma de México. Instituto de Investigación de la información. (2021)
- 2 Grillo, O.: Itinerarios de la antropología y su mirada sobre el mundo digital en: Rivo AL, Morales MJ, (coordinadoras), Tecnologías digitales Miradas críticas de la apropiación en América Latina, Buenos Aires CLACSO (2021)
- 3 UNESCO: Los museos ante los desafíos de COVID-19 continúan comprometidos con las comunidades. <https://es.unesco.org/news/museos-desafios-COVID-19-continuan-comprometidos-comunidades> (2020)
- 4 Servicio Nacional de Gestión de Riesgos. Informes de Situación e Infografías – COVID 19 – desde el 29 de Febrero del 2020. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-covid-19-desde-el-13-de-marzo-del-2020/> (2020).
- 5 Solórzano-Venegas, MS: Cronología absoluta para el análisis diacrónico de la secuencia de ocupación del sitio arqueológico Pashimbi, Alta Amazonía Ecuatoriana. Arqueología Iberoamericana, vol. 47. 3 a 17 (2021)
- 6 Solórzano-Venegas, MS, Buitrón SA, Romero M.: Artesanías de producción Milenaria: Puesta en valor del Patrimonio Cultural Material e Inmaterial. Sigma – Agencia de diseño (2018)
- 7 UNESCO: Turismo Naranja despierta interés en Ecuador. Obtenido de Servicio de Prensa: [http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/turismo\\_naranja\\_despierta\\_interes\\_en\\_ecuador/](http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/turismo_naranja_despierta_interes_en_ecuador/) (2014)
- 8 Amazonía Ciencia y Cultura <https://amazoniacienciacultura.ec/>
- 9 Latorre, M.: Historias de las web, Universidad Marcelino Chmpagant. [https://umch.edu.pe/arch/hnomarino/74\\_Historia%20de%20la%20Web.pdf](https://umch.edu.pe/arch/hnomarino/74_Historia%20de%20la%20Web.pdf) (2018)
- 10 Colmenares, AM: Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción, Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de educación Vol. 3, No. 1, 102-215 (2012)
- 11 Hosting Wordpress: ¿Quieres programar en WordPress? Estos 4 lenguajes debes saber. <https://hosting1.com/curso-wordpress/quieres-programar-wordpress-estos-4-lenguajes-debes-saber/> (2017)

## Repensando la universidad desde el arte colaborativo en red

Rolando Cori rcori@uchile.cl  
Viviana Soto vivisotoaranda@gmail.com  
Patricio Felmer pfelmer@dim.uchile.cl  
Eduardo Hamuy ehamuy@uchile.cl  
Lilian Pizarro lilian.pizarro@gmail.com  
Andrés Daneris clandanono@gmail.com  
Vivian Fritz vdfritz@unistra.fr  
Héctor Torres hector.torres\_c@ucaldas.edu.co  
Fabián Leotteau leotteau1@gmail.com  
Cristián Errandonea errandonea.c@uchile.cl  
Leonardo Cendoyya lcendoyy@uchile.cl  
Edgardo Cantón ecanton@uchile.cl

**Resumen** La situación mundial de pandemia y la necesidad de “repensar la universidad” en colaboración interdisciplinaria e interinstitucional requiere un nuevo concepto de videoconferencia. Como forma de encarar la suspensión de la presencia, se propone integrar la improvisación artística en red a la VC favoreciendo un clima de colaboración. Durante el segundo semestre 2020 la Red Interdisciplinaria de Arte *Tierra de Larry*, *RIA-TDL* de la Universidad de Chile junto a su red de colaboradores de la Universidad de Caldas, Colombia y Estrasburgo, Francia y colaboradores voluntarios<sup>25</sup>, animó por medio de improvisación artística sincrónica en red, talleres de resolución colaborativa de problemas matemáticos con jóvenes confinados en recintos de Servicio Nacional de Menores (SENAME) por la Ley de Responsabilidad Penal Adolescente<sup>26</sup>.

En los talleres semanales los jóvenes de SENAME realizaron ejercicios rítmicos extraídos de palabras significativas para ellos, con bailarinas vía telemática. Guiados por una socióloga y sus estudiantes, los jóvenes interpretaron sus sentimientos encausados en la visualidad improvisada en tiempo real por un diseñador e improvisación musical *online*. Posterior a esta preparación artística sincrónica, durante la misma sesión de taller, a los participantes se les planteó un problema preparado por un matemático y sus colaboradores estudiantiles, el cual debía ser resuelto de forma colaborativa en grupos<sup>27</sup>. El énfasis fue puesto en compartir el relato de la experiencia de buscar la solución, además de los posibles resultados.

No obstante la dificultad surgida de una dinámica de trabajo en contexto semi-carcelario y la metodología que prescinde de experimento control, la hipótesis de este artículo es que la atmósfera generada al incorporar a jóvenes de SENAME en lo inmersivo de la improvisación artística a

---

25 <http://www.ria.artes.uchile.cl/>

26 Centro de Régimen Cerrado, (CRC), donde cumplen condena por infracción a la ley penal, de acuerdo a lo prescrito en la Ley 20.084 de 2005, vigente desde el 8 de junio de 2007, centro que por el Art. 43 de la ley citada corresponde administrar al Servicio Nacional de Menores, Sename. <https://www.sename.cl/web/index.php/2020/07/25/academicos-de-la-universidad-de-chile-ejecutan-proyecto-co-laboratorio-en-red-en-el-centro-metropolitano-norte-tiltil/>

27 Activando la Resolución de Problemas en las Aulas (ARPA) <https://arpa.uchile.cl/>

distancia predispone a la colaboración, haciendo de la experiencia educativa algo más memorable. Esta experiencia sumada a otras realizadas por *RIA-TDL* animan a considerar el rol que puede jugar la improvisación artística simultánea entre puntos de red en el contexto de creciente demanda por formación universitaria *online*.

**Palabras Clave:** repensar la universidad, arte colaborativo en red, solución colaborativa de problemas.

**Eje temático:** Soluciones que apoyen y fomenten el trabajo colaborativo interinstitucional, ambientes y herramientas de colaboración interinstitucionales a través del uso de tecnologías avanzadas.

## Introducción

El problema que aborda este artículo es que las artes participen en “repensar la universidad” y la colaboración inter-institucional lo cual supone el desafío de “hacer escuchando” con la ayuda de las TIC. Las artes y la música se las considera como un espacio de recreación y también de búsqueda de sentido. Por esta razón, se quiere fundamentar la improvisación artística telemática para crear nuevamente, o re-crear buscando sentido a partir de la escucha de otros que están distantes.

Lo anterior presenta problemas técnicos y filosóficos que este artículo trata en el contexto de un proyecto piloto realizado el segundo semestre de 2020. Fue un trabajo interdisciplinario con artistas, matemáticos y sociólogos en acción de resolver problemas colaborativamente con jóvenes confinados en el Servicio Nacional de Menores por la Ley de Responsabilidad Penal Adolescente. Se puso en valor la improvisación artística en red como suplemento necesario en la educación colaborativa, en este caso, la solución de problemas matemáticos con jóvenes del SENAME. Ahora se procura mostrar cómo la creación artística colaborativa en red contribuye al despliegue del trabajo interdisciplinar e interinstitucional favoreciendo la necesaria apertura desde lo anímico al concepto y prácticas de una futura universidad sin fronteras que se vislumbra como posibilidad por medio las TIC.

La experiencia de este grupo interdisciplinar de la Universidad de Chile y los jóvenes de SENAME durante el segundo semestre de 2020 es compleja pues tiene diversos elementos los cuales aisladamente se presentan cada uno de manera singular. Por una parte, está lo artístico que se realiza, no como presentación de una obra previamente creada sino como creación espontánea que, además, no está en un solo escenario sino distribuida telemáticamente. También es singular en lo educativo pues no es la presentación frontal de principios matemáticos sino proponer problemas de la vida práctica a resolver de forma grupal aplicando la matemática donde la búsqueda de la solución es tan importante como la solución misma. Finalmente, no se está colaborando con jóvenes estudiantes sino personas en contexto de encierro en una institución de cobertura nacional, asunto de por sí complejo de tratar desde varios aspectos que desbordan este artículo. ¿Qué ofrece esta triple singularidad al problema de “repensar la universidad”?

Las tres cosas, la creación artística colaborativa en red, la resolución colaborativa de problemas y la situación de confinamiento semi-carcelario tienen en común un padecer a distancia. En la improvisación en red hay una búsqueda de la comunión artística entre los participantes que permanentemente se pierde y recobra en interacciones mutuas. La resolución colaborativa de problemas padece la distancia existente entre el problema y la solución. Por último la experiencia semi-carcelaria es padecer la distancia del contacto con las personas queridas, los lugares y actividades sujetas a múltiples y frecuentes vicisitudes y contingencias.

Las tecnologías de la información se ocupan de minimizar las distancias. No obstante la vida moderna, por medio de diversas expresiones, una y otra vez recuerdan el problema de la distancia al interior de cuerpo social lo cual hace urgente no solamente ocuparse del distanciamiento desde lo tecnológico e ideológico sino además ensayar heurísticas que jueguen en el vaivén de comunión y distancia como lo hacen las artes en colaboración telemática.

Desde 2008, mucho antes de la pandemia del COVID-19, *RIA-TDL* explora la situación de distanciar la creación artística colaborativa. ¿Qué relación tiene esto con lo

interdisciplinario?

Este artículo plantea que al distanciar telemáticamente la creación colaborativa se establece una metáfora de conocimiento desde el cuerpo que es complementaria a la contraposición de idea y realidad que plantea el pensamiento desde la Ilustración en adelante. La distancia entre sujeto y objeto en el pensamiento moderno, entre la realidad y la idea es indeterminada. Esto hace que las relaciones interdisciplinarias a menudo queden en un plano teórico o, por el contrario, solamente práctico perdiéndose la dimensión de la universidad como cuerpo de saberes. Por otra parte, el distanciamiento que ocurre en el arte colaborativo telemático esta determinado por una concatenación de tecnologías y personas que le da un carácter de corporeidad, de juego de estados anímicos que generan un clima receptivo a la experiencia educativa a distancia.

La espontaneidad de la improvisación simultánea distribuida en red apela a una espontaneidad que pone en juego al niño en cada uno de nosotros. Desde un punto de vista filosófico en Merleau-Ponty<sup>28</sup> [1], para el niño la distancia es determinada lo cual facilita que la improvisación se asuma vivencialmente como el “transgredir” la frontera desde lo “pre analítico”. Merleau-Ponty usa la noción de “Ser vertical” para designar aquella situación de espontaneidad de la ocurrencia en un “aquí y ahora”. Esta noción es funcional para tratar dos maneras de ordenar el devenir tanto durante la creación colaborativa telemática como en la resolución colaborativa de problemas.

Estas dos formas del devenir son la asincrónica, asociadas a la linealidad el “ver con antelación” o providencia, y la sincrónica relacionada con la simultaneidad que ocurre en lo espontaneo no lineal de la improvisación.

El trabajo grupal en la resolución de problemas es esencialmente asincrónico ya que consiste en la exposición y consideración de “puntos de vista” que pueden entenderse solo si éstos son presentados y atendidos secuencialmente. Por otra parte, la improvisación artística en red se constituye a partir de un tocar sincrónico escuchando a otros a distancia hasta producir momentos inmersivos que llamamos “momentos de escucha”. El énfasis de este artículo es presentar la experiencia inmersiva de lo sincrónico que dispuso positivamente a los jóvenes de SENAME al trabajo asincrónico.

La situación de la videoconferencia es fundamentalmente asincrónica pues su tecnología, hasta el momento, dificulta el envío y recepción simultánea de sonido. Esta limitación es más grande que una conversación presencial en la cual ocurren momentos de simultaneidad de intervenciones en la medida que se anima la concordancia o discrepancia de los “puntos de vista”.

A lo largo del “aquí y ahora” de la improvisación, hubo “momentos de escucha” privilegiados donde se percibió de manera común una verdadera comunicación. Durante la mayor parte de la improvisación, por medio de tocar escuchando hubo una búsqueda de esos “momentos de escucha”. Este acuerdo tácito espontaneo; que surge como *jesto*

---

28 “Solución: recuperar el niño, al alter ego irreflexivo en mí por una participación lateral, preanalítica, que es la percepción, por definición *überschreiten* [transgredir], transgresión intencional. Cuando yo percibo al niño él se ofrece precisamente a una determinada distancia (presentación originaria de lo impresentable) y también mi vivencia perceptiva para mí, y también mi alter ego, y también la cosa preanalítica. Allí está la materia común de la que estamos hechos. El Ser salvaje” [...]

“Lo esencial, describir el Ser vertical o salvaje como ese ámbito preespiritual sin el cual nada es pensable, ni siquiera el pensamiento, y por el cual pasamos unos a otros, y nosotros a nosotros mismos para tener nuestro tiempo. Únicamente la filosofía es la que lo da”

*es!* tiene cierta semejanza con el descubrimiento de la solución de un problema a lo cual los matemáticos denominan la experiencia *Aha!* [2] Es en base a la semejanza del *jesto es!* de la improvisación y la experiencia *Aha!* que este artículo fundamenta la hipótesis que la improvisación artística a distancia, practicada durante una sesión de resolución colaborativa de problemas, permitiría que ambas experiencias se potencien mutuamente.

Visto desde la perspectiva de Merleau-Ponty el *jesto es!* tiene relación con lo pre analítico y la distancia determinada que ofrece la posibilidad del tacto. La tele-presencia suspende el sentido del tacto. Esto ofrece un obstáculo a la mediación del conocimiento por medio del uso de tecnologías digitales como la videoconferencia. La suspensión de la posibilidad del tacto deja incompleta la incorporación del conocimiento si seguimos la máxima aristotélica que afirma que el pensar y el tocar forman juntos y de manera complementaria el conocimiento.

“la inteligencia se piensa a sí misma, pues deviene inteligible tocando y pensando, de modo que inteligencia y lo inteligible sean lo mismo” [3]

Si se plantea “la inteligencia” como una red de trabajo colaborativo apoyada en las tecnologías, esta red “se piensa a sí misma, pues deviene inteligible”. Las redes de colaboración pueden llegar a tener una propia identidad pensándose a sí mismas, lo cual ocurre en la vida real. Esto quiere decir que existe una identificación de quienes conocen y los conocimientos que pasan por el tocar y pensar. La ausencia del tocar dificulta que los conocimientos se hagan una sola cosa con quienes conocen, esto es, se incorporen; sean parte de ellos. Al incorporarse, los conocimientos se transforman en algo significativo para quienes conocen superando la mera información. Con el apoyo de Weinberg y el aporte de la neurología en Kravchenko, este artículo indaga en la posibilidad de un “pensar en red” que plantea una manera alternativa de considerar “la inteligencia” del futuro no como una propiedad exclusiva de las tecnologías sino como una interconexión de ellas mediada de forma sincrónica y asincrónica por seres humanos.

La experiencia del equipo interdisciplinario de la U. de Chile y los jóvenes de SENAME estuvo marcada por un hecho fortuito que no dejó de contribuir en el sentido del espíritu de cuerpo que surge del sentido del tacto entre personas. Nos referimos a que, por una parte, los estudiantes de Ingeniería Matemática a cargo del Prof. Patricio Felmer eran varones mientras que las estudiantes de Educación de la Prof. Viviana Soto fueron damas. Los estudiantes de Ingeniería (FCFM) intervenían en el taller presentando el problema matemático del día a los jóvenes en reclusión que, como corresponde a los regímenes de cumplimiento de penas, era todos varones entre 16 y 20 años. Por otra parte, las estudiantes de la Facultad de Sociología (FACSO) tenían la tarea dada por su mentora de registrar todo lo que acontecía en el grupo y por esa razón su participación en la VC se restringía a una observación silenciosa. Una de las primeras preguntas que formularon los jóvenes de SENAME, fue acerca del significado de la presencia observadora de las estudiantes. En el contexto de encierro vigilado esta interrogante no dejaba de tener justificación. Esto llevó a solicitar a las estudiantes una participación más activa en el desarrollo del taller. Así, la Prof. Soto, animadora de las partes de cada encuentro telemático, instó a sus estudiantes que se involucraran estableciendo diálogos con los jóvenes. ¿Qué relación tiene esto con el tema de dar corporeidad a la presencia virtual por medio de la creación artística telemática?

Si bien la VC suspende el sentido del tacto como posibilidad, la presencia física también lo circunscribe dentro de normas reguladas por la calidad de los lazos existentes entre las personas, grados de familiaridad, intimidad etc. lo que lleva a decir tanto a Aristóteles como Heidegger que

“las cosas no se tocan, solo para un tercero están a una pequeña distancia” y “el intervalo (...) entre las cosas nunca es suprimido, sino sólo olvidado”<sup>29</sup> [4]

Esta atracción natural entre seres humanos, cuya expresión amorosa culmine está íntimamente enlazada con la procreación y prolongación de lo social, está mediada por una “pequeña distancia” la cual, de acuerdo a Chretien da lugar a que

“todo nuestro espíritu proviene de nuestra capacidad de padecer a distancia” [5]

Volviendo al arte colaborativo telemático, esta “pequeña distancia” que media el tacto podemos fácilmente llevarla al terreno de lo musical. No en vano, en idiomas como el castellano y el portugués, la actividad musical instrumental se la designa con el verbo “tocar”. Asimismo la palabra *Takt*, en alemán, se refiere tanto al sentido del tacto como al compás rítmico de la música. Lacoue-Labarthe habla de que el ser humano es sensible al ritmo musical desde su gestación en el seno materno<sup>30</sup> [6] y en el tacto íntimo<sup>31</sup> [7] que deviene en su proyección social.

A partir de estas premisas se puede pensar que introducir lo rítmico-musical en la VC suple aquella posibilidad del tacto que siempre está mediada. Por eso, no se pretende instrumentalizar el arte como una tecnología accesoria destinada a anular las distancias inherentes a la presencia telemática. Como afirmamos anteriormente, lo rítmico-musical integrado en la comunicación a distancia recuerda esa “pequeña distancia” para que no sea olvidada. El sonido remite a aquello que hace posible su generación y propagación que es el medio elástico. Sin ese medio atmosférico, así como es en cuerpos celestes que carecen de ella, el paisaje ante nosotros sería solo una contraposición de insoportable luminosidad e incandescencia contrapuesto a una oscuridad y frialdad cercana al cero absoluto. Trasladando esa imagen a la “atmósfera” de la VC, el tacto de lo artístico musical recuerda la elasticidad de nuestra propia carne que, en su vocación de formar un cuerpo desde lo rítmico, matiza y flexibiliza las estructuras de las ideas en su contingencia con la realidad.

---

30 “Los datos psicológicos de la época anterior a su nacimiento, en el que el niño no descubre sus propias impresiones, sino el ritmo regular del corazón de la madre y el suyo, iluminan los medios utilizados por la naturaleza para inculcar en el hombre un sentimiento musical ... es comprensible que el equilibrio del niño en el cuerpo de la madre entra en juego cuando aparece el sentido del ritmo y medida. Una consideración de mucho mayor alcance está conectada a la afirmación de que lo musical tiene su origen antes de nacer: Se trata esencialmente de ritmo y compás (*Takt*) y como tal está profundamente anclado en el ser humano.”

31 “En la música, es obvio que las “cuestiones de tacto” deben entenderse temporalmente. El compás caracteriza a las unidades temporales combinadas en unidades más grandes. La transferencia de un término métrico de la música a la vida social muestra que también aquí los factores temporales entran en juego. Y aquí, la vida sexual puede reivindicar típicamente un significado. La sociedad de dos puede ser tomada como la sociedad en general. El factor temporal, visto desde el oportuno comienzo y fin del prelude sexual y en el éxtasis final, es decisivo en carácter. El poeta habla del ideal de amor como ‘dos corazones y un solo latido’. Incluso aquellos que acostumbran a considerar la atracción sexual como una cosa de instinto, de acuerdo con su elemento dominante, no pueden escapar a la convicción de que el amor feliz es en gran medida dependiente de la concordancia temporal del ritmo de dos seres humanos.”

Lo ocurrido en el proyecto piloto entre las estudiantes de la Facultad de Sociología y los jóvenes de SENAME muestran el logro de la “atmósfera” producida por la creación colaborativa a distancia. Si bien se notó que los jóvenes recluidos estaban preparados para un trato respetuoso con profesores y conductores de talleres, en el marco de estos mismos límites, se dieron expresiones espontáneas de cariño desde ambas partes, que en cierto sentido, flexibilizaron las normas en un vaivén de bromas y exclamaciones que daban cuenta de un clima que matizaba las distancias en lo que denominamos “tener tacto”.

Es así también como el tocar que produce corporeidad se relaciona con el *jesto es!* y el *Aha!*, actuando de elemento común en la resolución colaborativa de problemas y la improvisación artística a distancia que da origen al conocimiento que es pensar y tocar.

Para reforzar esta idea apelamos a un relato sobre el conocimiento y el cuerpo que la encontramos en el antiguo poema sobre la creación del género humano en el libro del Génesis [8]. En el capítulo 2 versículo 18 al 25, por medio de metáforas, se da a entender que el conocimiento humano sin corporeidad es incompleto. En este pasaje bíblico el ser humano da nombre a las criaturas que Dios le presenta lo que simboliza el silencioso trabajo del raciocinio. No obstante, esta labor no llega a constituirse en “ayuda adecuada” pues permanece una distancia indeterminada entre el nombre y las cosas que impide dar solución al problema de que “que el hombre esté solo”. Lo significativo de este relato es que cuando surge la mujer, el texto cita el primer decir humano “Esta vez sí que es”. Así como naturalmente todo ser humano nace de una mujer, el poema del Génesis muestra metafóricamente una reversibilidad —una acción que es mutua como el “hacer escuchando” de la improvisación— que la mujer, en tanto alteridad, nace del hombre. Lo que se añade luego a esta primera voz humana es una “incorporación” pues “es huesos de mis huesos y carne de mi carne” pero, a la vez, es distancia pues el nombre que ella recibe es “porque del varón ha sido tomada”, es decir, la incorporación no significa dominación, subsumirse desapareciendo en el cuerpo del otro, sino por el contrario, en el nombre dado se subraya su pertenencia a un tercero que la toma; esa “pequeña distancia” que no debe ser olvidada.

Es iluminador cotejar “esta vez sí que es” del Génesis con el *jesto es!* y el *Aha!* pues establece un paralelo entre conocimiento que no está instrumentalizado. No es el encontrar una solución para establecer un dominio. El tacto que hubo durante la experiencia con los jóvenes de SENAME planteó no solamente una forma de aprender matemática o disfrutar un momento grato con las artes sino por sobre todo una manera de ser en el mundo que es finalmente lo que universidad debe resguardar.

### **Discusión: La VC y el trabajo sincrónico y asincrónico.**

Dentro de las artes, especialmente el grupo musical requiere una sincronización precisa por lo cual la videoconferencia es un medio poco adecuado. El sistema de audio de la VC favorece el punto de red donde el sonido es más intenso anulando a los demás lo cual impide la práctica fundamental de la improvisación musical a distancia que toca a partir de la escucha. Otro factor que impide la sincronización es la latencia que es diversa por varios cientos de milisegundos para cada punto de red. Por esta razón la improvisación artística que incluye la música puede buscar una solución alternativa a estos problemas como el uso de tecnologías que transmiten audio sin compresión entre IPs y que pueden operar paralelamente con la VC.

Más allá que la efectividad de estas soluciones, incluso dentro de las limitaciones de audio de la VC, lo importante fue desarrollar la capacidad del “hacer escuchando” con las herramientas tecnológicas a la mano. Se trató de que el resultado artístico tuviera

además valor estético lo cual no fue del todo posible debido a la precariedad de las condiciones. El grupo de SENAME, formado por aproximadamente una decena de jóvenes, no tenía más que un solo micrófono lo que dificultaba la interacción con el grupo artístico de la Universidad.

Así y todo, fue posible establecer, entre la creación colaborativa simultánea telemática y la resolución colaborativa de problemas, un vaivén entre dos cosas que, si bien se oponen, a la vez se pertenecen como caras de una misma moneda. Estas son lo sincrónico de la improvisación y lo asincrónico de la providencia.

La providencia fue todo lo que se procuró anticipar en términos de preparación de los problemas matemáticos y un guion consistente en:

1. Un saludo inicial.
2. Propuesta de movimientos y ejecución de ritmos sincrónicos con la música improvisada y las bailarinas.
3. Presentación del problema matemático a resolver en grupo.
4. Trabajo colaborativo en grupos con asistencia en el lugar del Educador de Trato Directo (EDT) de SENAME.
5. Compartir resultados y la calidad de la experiencia de la resolución colaborativa.
6. Improvisación artística
7. Despedida.

La improvisación que como el mismo término lo sugiere, correspondió a lo que no estaba previsto. Gracias a ella hubo momentos de gran comunicación entre todos lo que daba por resultado expresiones de alegría y emoción de los jóvenes. La providencia, se asociada al pensamiento lineal de las ciencias, se asoció e incorporó como actividad significativa gracias a la improvisación relacionada con aspectos del arte.

Para que los jóvenes de SENAME hubieran podido interactuar adecuadamente con los músicos en red habría sido necesario que, en el recinto donde se encontraban, en la localidad de Til Til, al norte de Región Metropolitana de Santiago, se hubiera contado con micrófonos para cada uno conectados a una consola *mixer* a su vez cableada a una tarjeta de sonido que volcara el audio a la VC.

Esta falta de comunicación acústica con grupo de jóvenes podría hacer dudar del grado de éxito en el plano musical de esta experiencia piloto de trabajo interdisciplinar de la U. de Chile con SENAME. El balance que hicieron algunos de los músicos universitarios no fue del todo positivo pues no se contaba con los equipos mencionados. También se argumentó que el tipo de música que habitualmente motiva a estos jóvenes se distancia de los paradigmas de la música más abstracta de la escena artística académica. Como se verá más adelante, esta práctica musical abierta a lo cotidiano representa un desafío para el artista.

Se hace necesario poner atención en la forma de lograr una comunicación musical más fluida con los jóvenes. Para futuras iteraciones de los talleres se propuso, desde los músicos, el usar secuencias rítmicas que tuvieran relación mas estrecha con los

problemas matemáticos propuestos. Material para consultar en este sentido se encuentra en S. y J.R. Hollos [9] que puede ser adaptado a ritmos de bailes conocidos por las audiencias.

Es de conocimiento común la natural cercanía de la música y la matemática desde Pitágoras en adelante. No obstante, sus correspondencias no fueron llevadas a la práctica en el caso del proyecto piloto con SENAME. *RIA-TDL* ha realizado algunas experiencias en encuentros con profesores de matemática en la exploración improvisada musicalmente con conceptos provenientes de las matemáticas como la representación del número pi entre otras. Sin embargo, en virtud de la capacidad de la música de evocar y no denotar una cosa, por una parte, y el considerar que primer objetivo educativo del taller fue, más que llegar a admirar la matemática en sus principios reflejados en la música, que los jóvenes de SENAME llegaran a valorar esta ciencia en la medida que la consideraran ayuda adecuada en la solución colaborativa de problemas cotidianos.

Respecto del aprender a colaborar como objetivo principal, hubo un hecho que demuestra que los jóvenes de SENAME estaban dispuestos a interactuar artísticamente con el equipo de la U. de Chile de forma musicalmente activa. Al final del primer taller, el día 3 de julio de 2020, el clima de efervescencia de los jóvenes que los llevó a improvisar una presentación musical. Echaron mano a algunos instrumentos de percusión disponibles y una guitarra, se disfrazaron con máscaras, pelucas e improvisadas vestimentas y comenzaron a moverse al ritmo de sones caribeños que se acostumbran en las fiestas chilenas. Si bien este evento no fue sincrónico debido a la limitación tecnológica, éste puso de manifiesto la voluntad de interacción artística: ellos querían respondernos artísticamente.

El balance de las estudiantes de Educación y los de Ingeniería junto a sus profesores fue positivo. Se planeó cuidadosamente el último día de taller, el 26 de noviembre de 2020, de forma que, así como lo hacían asincrónicamente en cada una de las sesiones, también en esta oportunidad hubiera un espacio para evaluar la experiencia por parte de los jóvenes de SENAME la cual fue positiva. Las estudiantes de Educación prepararon un video mostrando los mejores momentos de los talleres semanales, se entregaron diplomas de participación a 14 jóvenes y hubo un momento de esparcimiento. Pero como se relató, la forma como los jóvenes espontáneamente expresaron su propio balance de las cosas es por la vía sincrónica entre ellos.

Prosiguiendo con la evaluación de lo sincrónico y asincrónico, la intervención telemática de las bailarinas fue el elemento que en mayor grado produjo participación. En las primeras sesiones del taller se le pidió a los jóvenes que escribieran palabras que tuvieran significado dentro del lo que estaban viviendo. Con esas palabras las bailarinas crearon ritmos repetitivos sobre los cuales ellas improvisaron gestos coreográficos. Dentro de estos mismos gestos invitaron a los jóvenes a moverse rítmicamente. Esto era acompañado por la improvisación musical.

En adición a lo anterior un diseñador improvisó figuras dibujadas en la VC las cuales fueron interpretadas por los jóvenes siguiendo una suerte de relato propuesto por ellos mismos. Esa heurística visual fue emotiva y muy bien recibida.

### **Soluciones a lo asincrónico de la VC.**

En su trayectoria de más de 10 años realizando improvisación artística *online*, el núcleo

Red Interdisciplinaria de Arte *Tierra de Larry* ha usado el protocolo *Jacktrip*<sup>32</sup> que conecta diversos números IP fijos entre sí en modalidad cliente-servidor. La calidad del sonido es buena debido a que no hay compresión como en el protocolo de VC. Además la latencia, sin bien es ligeramente distinta entre los puntos de red, la diferencia no alcanza a ser audible pues el *buffer* de paquetes de datos es ajustado por igual para todos los puntos de red.

Debido a la situación de pandemia, la Universidad de Chile cerró el acceso a la facultades por lo cual el centro de operaciones de *RIA-TDL* debió trasladarse desde el auditorio del campus “Juan Gómez Millas” a los domicilios de cada académico. De esta manera la posibilidad de usar *Jacktrip* no ha sido posible pues requiere configurar los respectivos *router* de los ISP domiciliarios. *Jacktrip* opera fundamentalmente con IP pública fija lo cual no resulta simple de realizar desde un ISP privado. Además el uso de esa aplicación resulta poco práctica si se quiere interactuar con usuarios como los jóvenes de SENAME. Las personas que están directamente a cargo de ellos, sus Educadores de Trato Directo, habrían requerido de un entrenamiento previo poco factible.

Últimamente han surgido otras aplicaciones de tipo cliente-servidor mejor adaptadas al trabajo desde ISP privados. *RIA-TDL* ha probado *JamKazam*<sup>33</sup> y *Sagora*<sup>34</sup> con éxito sobretodo en la improvisación solo de sus integrantes. Como se trata de programas poco estables donde el direccionamiento de la señal de audio no ha resultado fácil de configurar con la VC (Zoom), la posibilidad de usarlas en conciertos no ha resultado practicable.

## **Desconexión e interconexión y el cuerpo del conocimiento.**

Como vemos, las artes pueden llegar a tener un papel esencial en la formación e incluso llegar a facilitar el aprendizaje de otras materias [10].

En el contexto del cambio que está experimentando la educación superior por el impacto de la videoconferencia, la inclusión de las artes pueden llegar a jugar un rol inesperado en el sentido de catalizar la experiencia formativa

En el sentido de lo anterior, el uso intensivo de la videoconferencia en el ámbito universitario, habiendo surgido como una necesidad determinada por la pandemia, puede transformarse en una oportunidad de repensar la universidad como aula abierta.

Ya Husserl advertía sobre los nuevos saberes universitarios que

“callan justamente antes las «candentes interrogantes sobre el sentido o falta de sentido de toda esta existencia humana» ellas no tendrían nada que decirle al hombre común (*Alltagsmenschen*) en su «angustia vital» (*Lebensnot*)” .... “A través de la objetivación metódica del «mundo vivenciado (*anschaulichen Welt*)» las ciencias positivas han creado una naturaleza matematizada de símbolos y fórmulas ideales, declarados como «verdadera existencia» pero que se han alienado hace tiempo de «la esfera de la experiencia vivida inmediata del *Lebenswelt* pre-científico»”. [11]

---

32 Desarrollado originalmente en U. Stanford, CRMA, J. P. Cáceres. Hoy existe comercialmente como tarjeta <https://www.jacktrip.org/studio.html>

33 <https://jamkazam.com/>

34 <https://sagora.org/>

Como se dijo más arriba, el pensamiento que inaugura la Modernidad establece una distancia entre sujeto y objeto del conocimiento. En esta operación, la distancia entre el concepto y el sujeto se hace abstracta ya que se trata de cosas de naturaleza distinta: lo real y la idea.

En el *triángulo semántico* citado por Kravchenko [12], quedan cabos sueltos al establecer los lazos entre sus tres elementos; a) quien conoce, b) el conocimiento y c) su representación simbólica. Esta indeterminación de la distancia dificulta la necesaria reunión de conocimientos que se pertenecen originariamente, así como es en un cuerpo. El pensamiento moderno, si bien procura establecer relaciones, éstas permanecen en el plano teórico, o por el contrario, solo en el plano mecánico, debido al "dualismo radical" cartesiano. Si bien tal forma de pensar es necesaria para el avance de las ciencias y tecnologías, ella separa los saberes unos de otros desarticulando su vocación de cuerpo.

Kravchenko argumenta que el problema del triángulo semántico se soluciona considerando que la palabra misma ocupa un espacio físico en las redes neuronales. De manera similar, si concebimos una videoconferencia como una corporeidad en red que está distanciada entre sus partes podríamos hacer un símil con el distanciamiento que ocurre entre sujeto y objeto en la operación cartesiana. Así como ocurre entre las neuronas —que tienen espacialidad y temporalidad real— en la red de la videoconferencia el distanciamiento no es indeterminado. Hay una concatenación tecnológica y de personas, hay un permanente ir y venir de desconexión y conexión que recuerda el símil que hace Weinberg [13] entre músicos tocando en red y la mente humana.

"Hay momentos de correspondencia sintonizada donde las voces parecen escucharse entre sí; en otras ocasiones parecen ser independientes. Hay casos de grandeza extraña ... cuando los elementos de la red no están conectados, la música suena como si hubiera procesos completamente independientes, pero cuando están interconectados, la música parece presentar un "aspecto similar a la mente"

El arte en red y su vaivén de interconexión y desconexión, espontaneidad y previsión, improvisación y providencia entre personas puede aportar de manera complementaria humanizando el progreso de las ciencias. Distanciar geográficamente la práctica de la improvisación musical localizada introduce una división en la creación artística, que de por sí es subjetiva y, al ser colaborativa, también separa lo intersubjetivo. Esto se asemeja a operación cartesiana de distanciamiento de sujeto y objeto con la diferencia que, en este caso, por una concatenación tecnológica y de personas, hay un permanente ir y venir de distancia y reunión no solo de las partes que conforman la improvisación, sino además de voluntades personales que tocan y se tocan.

Estas aproximaciones ayudan a relacionar a nivel teórico la improvisación musical en red, el sentido del tacto y el pensamiento. Weinberg hace hincapié en la "grandeza" de ambas situaciones: lo desconectado y lo interconectado. El momento desconectado es cuando la distancia trae su consecuencia y su "grandeza" en la posibilidad de distinguir "procesos completamente independientes" y "coherencia analítica de bajo nivel" mientras que la interconexión permite "inmersión de alto nivel".

Este sentido de desconexión e interconexión es importante de subrayar pues responde a aquella misma fragilidad de la red como también la del cuerpo como elemento disruptivo en el sentido de Schroeder [14]:

"Por lo tanto, el cuerpo humano no facilita el flujo de información; ella (*sic.*) no es una participante activa ni diseñadora de una costura suave, sino que el cuerpo humano es un

interruptor, un perturbador de la red. En el cuerpo humano habita la puntada. Visto desde este ángulo, la red fluye ininterrumpidamente en ausencia de presencia corporal, y es debido a la existencia de los deseos del cuerpo de restricciones y límites que la red se interrumpe”

Es interesante de notar el pronombre personal “ella” que Schroeder utiliza para referirse a la red de improvisación *online*. Este detalle refuerza la idea de lo femenino en el contexto de una epistemología o pensamiento en red que se subraya en este artículo. Si bien el cuerpo aparece como el elemento disruptivo, no lo es en el sentido de un interruptor binario pues los mismos estados de desconexión y conexión son aspectos que se complementan y requieren mutuamente.

Lo que se mencionó al final de la introducción sobre el “tener tacto” para jugar y padecer dentro de la “pequeña distancia” que existe como tercer elemento entre las cosas que se tocan llega a adquirir una relevancia como llave de comprensión y de sentido que merece ejercitarse desde lo que ofrece la improvisación artística colaborativa *online* pues no se abstrae de la realidad sino que la aborda tangencialmente.

## **Ensayo en red y el mundo exterior**

Por lo anterior, la creación artística colaborativa a distancia tiene la capacidad de abrirse a lo interdisciplinar tal como ha sido la experiencia de la Red Interdisciplinaria de Arte *Tierra de Larry*<sup>35</sup>. La forma convencional de la práctica musical establece una barrera entre lo musical y lo cotidiano tal como afirma Malhotra [15] cuando describe fenomenológicamente los momentos previos al ensayo de orquesta:

“El propósito general de ensayo [de orquesta] es negociar la producción de sonidos en el total musical. Otro objetivo de los ensayos es eliminar cualquier intrusión del mundo cotidiano en el mundo de la música cuando es interpretada.”

En el ensayo de orquesta, según Malhotra, el objeto del vaivén entre los que se logra y el ideario musical no es establecer una relación con el mundo exterior sino, por el contrario, producir una separación. Esto es lo opuesto a lo que ofrece la improvisación en red según lo expresa Schroeder [16]:

“La escucha en la red, lo que también llamo escuchar en red (ya que enfatiza mejor la complejidad de vaivén de las actividades sonoras involucradas) puede ser vista como una actividad e interactividad que no solo conforma nuestra percepción de una obra musical, sino también, en último término, a los intérpretes (escuchando) como sujetos mismos.”

El involucrar al mismo intérprete como sujeto de la escucha en red establece una diferencia con el ensayo musical en un mismo lugar en sentido de que comienza una intromisión del “mundo cotidiano” en la música y viceversa.

Aquí se apela a este espacio de no dominación que produce la escucha en red. En contraposición al ensayo local, la improvisación en red abre posibilidades como práctica que reúne música y realidad no solo como elemento que amortigua y rellena intersticios con aquello que está “frente a” sino que, la misma latencia interpuesta, esa

---

<sup>35</sup> Además del proyecto piloto en educación y creación telemática colaborativa, RIA-TDL ha participado en diversas experiencias animando jornadas con profesores de matemática, clases de argumentación en la Facultad de Derecho y encuentros con biólogos en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

presencia se desplaza “en medio de” la subjetividad descentrándola respecto de un “otro” y así, centrándola en una intersubjetividad capaz de reunir saberes.

## Conclusión

Este trabajo no contó con experimento control que podría haber consistido en realizar un taller de resolución colaborativa de problemas matemáticos sin la intervención de la improvisación artística telemática para comparar resultados. Lo obtenido, más que comprobar la efectividad del trabajo interdisciplinar entre artes y ciencias que ya ha sido demostrada [17], se inscribe en la idea de ensayar nuevas interacciones de ciencias, tecnologías y artes donde distintos miembros de la comunidad universitaria, estudiantes, profesionales y académicos se unen en un trabajo colaborativo con otra institución. La experiencia realizada refuerza la idea también descrita que las artes, específicamente la música [18] [19], tienen un papel que jugar en el trabajo interdisciplinar. Desde nuestra perspectiva, el aporte más novedoso de estos talleres con SENAME consistió en que, por medio de la creación artística colaborativa y simultánea con asistencia de las TIC, se vislumbra una forma de articular pensamiento y contingencia, asunto que agita muchas de las problemáticas de la universidad y su vínculo con el medio.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado en jornadas académicas de los siguientes Departamentos de la Universidad de Chile: Departamento de Música, ARTES, Departamento de Educación, FACSO, Departamento de Ingeniería Matemática, FCFM, Los autores desean expresar su agradecimiento al Servicio Nacional de Menores, SENAME, sus profesionales Sres. Javier Aguirre, David Jeria y Jaime Ramírez y los jóvenes internos Francisco Aravena, Matías Cabezas, Marco Caniu, Raúl Carrasco, Osvaldo Espinoza, Bastián Galdámez, Nathanael Mella, Jason Obregón, Javier Paredes, Kevin Pino, Sebastián Riveros, Eduard Rojas, José Rojas, Damián Salinas, John Villalobos, Pedro Zúñiga. También se agradece la participación de los estudiantes de la FCFM: Pablo Paredes, Pedro Pérez e Iván Zúñiga y de FACSO: Natalithe Aguilera, Nataly Galleguillos, Marwill Olivares y Carolina Zúñiga. Se agradece la especial colaboración de la profesional de la FCFM Alejandra Ávila.

## Referencias

- 1 M. Merleau-Ponty, *Lo Visible y lo Invisible*, trad. Estela Consigli y Bernard Capdeviel Buenos Aires: Nueva Visión, 2010. P. 181-182
- 2 Tik, M., Sladky, R., Luft, C. D. B., Willinger, D., Hoffmann, A., Banissy, M. J., ... Windischberger, C. (2018). Ultra-high-field fMRI insights on insight: Neural correlates of the Aha!-moment. *Human Brain Mapping*, 39(8), 3241–3252. <https://doi.org/10.1002/hbm.24073>
- 3 J.-L. Chrétien, *La llamada y la respuesta*, Madrid: Chaparrós Editores, 1997, 4to. Capítulo, p. 106
- 4 J.-L. Chrétien, *La llamada y la respuesta*, Madrid: Chaparrós Editores, 1997,

4to. capítulo. p. 117

- 5 J.-L. Chrétien, *La llamada y la respuesta*, Madrid: Chaparrós Editores, 1997, 4to. capítulo. P.150
- 6 Lacoue-Labarthe, Phillipe, *Typography, mimesis, philosophy, politics*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London England. 1989. URL válido al 10/05/2021. [http://issuu.com/ivanradenkovic/docs/typography\\_\\_mimesis\\_\\_philosophy\\_\\_politics](http://issuu.com/ivanradenkovic/docs/typography__mimesis__philosophy__politics) p.206, trad. *ad hoc*
- 7 Lacoue-Labarthe, Phillipe, *Typography, mimesis, philosophy, politics*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London England. 1989. URL válido al 10/05/2021. [http://issuu.com/ivanradenkovic/docs/typography\\_\\_mimesis\\_\\_philosophy\\_\\_politics](http://issuu.com/ivanradenkovic/docs/typography__mimesis__philosophy__politics) p.198, trad. *ad hoc*
- 8 Desclée de Brouwer, *Biblia de Jerusalén*, Escuela Bíblica de Jerusalén, Desclée de Brouwer, Bruselas, 1967. p. 12-13
- 9 Hollos, Stefan y J. Richard, *Creating Rhythms*, Abrazol Publishing, Exstrom Laboratories LLC Longmont, CO, 2014, Amazon Kindle Book
- 10 Root-Bernstein, Robert et al (2017). *A Review of Studies Demonstrating the Effectiveness of Integrating Arts, Music, Performing, Crafts and Design into Science, Technology, Engineering, Mathematics and Medical Education, Parts 1, 2 and 3*, International Society of Arts, Science and Technology
- 11 Dietz, Simone: *Lebenswelt und System, wiederstreitende Ansätze in der Gesellschaftstheorie von Jürgen Habermas*, Königshausen & Neumann, 1993 p. 21, trad. *ad hoc*
- 12 Kravchenko, A. V: (2005) *Essential properties of language from the point of view of autopoiesis* sashakr@isea.ru. [http://www.researchgate.net/publication/28764200\\_ESSENTIAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_LANGUAGE\\_FROM\\_THE\\_POINT\\_OF\\_VIEW\\_OF\\_AUTOPOIESIS\\_\\_URL](http://www.researchgate.net/publication/28764200_ESSENTIAL_PROPERTIES_OF_LANGUAGE_FROM_THE_POINT_OF_VIEW_OF_AUTOPOIESIS__URL) válido al 10/05/2021
- 13 G. Weinberg, *The Aesthetics, History and Future Challenges of Interconnected Music Networks*, MIT Media Laboratory, Boston, 2002.
- 14 Schroeder, Franziska y Rebelo, Pedro, *Sonic Arts Research Centre Queen's University Belfast , Sounding the Network: The Body as Disturbant*, *Leonardo Electronic Almanac*, vol. 16, no. 4-5, pp. 1-10, 2009.
- 15 Malhotra, Valerie Ann, Department of Sociology, Texas Woman's University, "The Social Accomplishment of Music in a Symphony Orchestra: A Phenomenological Analysis," 1981.
- 16 X. Alarcón, "Networked Migrations: Listening to and performing the in-between space," *Liminalities: A Journal of Performance Studies*, vol. 10, no. 1, pp. 1-21, May 2010
- 17 Root-Bernstein, Robert et al (2017). *A Review of Studies Demonstrating the Effectiveness of Integrating Arts, Music, Performing, Crafts and Design into Science, Technology, Engineering, Mathematics and Medical Education, Parts 1, 2 and 3*, International Society of Arts, Science and Technology.
- 18 Sorsa, V., Merkkiniemi, H., Endrissat, N., & Islam, G. (2018). Little less conversation, little more action: Musical intervention as aesthetic material communication. *Journal of Business Research*, 85 (October 2017), 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.10.014>
- 19 Lage-gómez, C., & Cremades-andreu, R. (2019). Group improvisation as dialogue : Opening creative spaces in secondary music education. *Thinking Skills and Creativity*, 31( July 2018), 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.12.007>

## **Diseño Colaborativo de espacios mediatizados para la creación telemática a partir de la construcción de escenarios performáticos en red**

Mario H. Valencia<sup>36</sup>, Mario H. Valencia García<sup>a</sup>,

<sup>a</sup> Universidad de Caldas, Facultad de Artes y Humanidades, Grupo de investigación DICOVI, Calle 65 No  
26 - 10 Manizales, Colombia  
mario.valencia@ucaldas.edu.co, j\_maravi@facing.edu.ar

### **Resumen**

En esta ponencia se presenta un prototipo, Double, que surge específicamente como propuesta evolutiva planteada para el análisis de un entorno de creación artística performática distribuida en tiempo real, en tal sentido este prototipo es abordado bajo parámetros específicos de HCI y busca construir junto a participantes comunes en los ambientes telemáticos un entorno que permite analizar diferentes inquietudes, relacionando las conclusiones planteadas de la realización de trabajos previos de los participantes, este prototipo evolutivo entiende el diseño de la obra “Double” como un laboratorio a modo de estudio para comprender mejor las condiciones necesarias en la construcción de performances telemáticos y se propone como una capa más en el estudio de nuevos entornos de rendimiento telemático, dichos entornos sugieren un nuevo tipo de espacios creativos que solo se pueden entender y desarrollar a través de la creación de condiciones propias de la red como medio para el performance telemático. Estas condiciones son ciertamente moduladas y soportadas por las tecnologías, pero los desafíos en este campo, en el momento, son de naturaleza audiovisual y performativa. Este estudio intenta mostrar una capacidad inherente de los creadores e intérpretes para abordar contextos específicos del ámbito audiovisual y performático, cuando la obra y el desarrollo de la misma se crean específicamente para los contextos telemáticos soportados por redes de alta velocidad.

**Palabras Clave:** Performance Telemático, Interfaces para la expresión artística, Human Computer Interaction, prototipado evolutivo.

**Eje temático:** Ambientes y herramientas de colaboración interinstitucionales a través del uso de tecnologías avanzadas

---

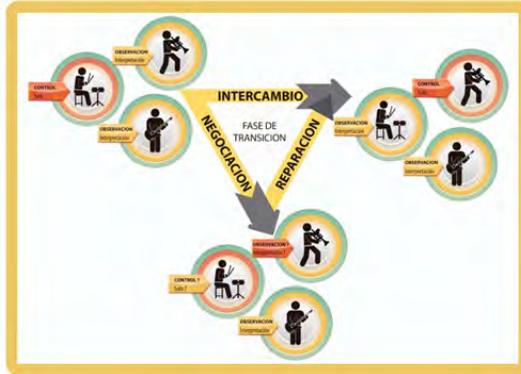
36 Por favor notar que todos los autores figuran con Nombre y Apellidos Completos

## 1. Introducción

La construcción, evolución y estructura de la interfaz y el prototipo Double se describirá a continuación intentando en particular, abordar puntos de vista se refieren a nuestros objetivos de combinar la expresividad, la facilidad de uso y la visibilidad de la interacción, convirtiéndose en nuestras directrices de diseño que buscan ser resueltas a partir de la creación de interfaces desarrolladas colaborativamente y desde el punto de vista de las necesidades y propuestas de los diferentes actores en la construcción de estos espacios telemáticos, es así como Double se estructura en el diseño de escenarios categorizados a partir de las necesidades de flujos de información y construcción de la interfaz distribuida necesaria para la comunicación performática necesaria para que los actores en el performance telemático puedan comunicarse teniendo en cuenta sus particularidades individuales, de esta forma se estructura la construcción de la interfaz a partir de capas o escenarios de comunicación que se presentan a continuación.

## 2. Escenario 1

Para la creación de la partitura de Double se analizaron, bajo estrategias orientadas al usuario (Bernsen & Dybkjær, 2009), las categorías como comportamientos de interacción, relacionados con la velocidad de movimiento del instrumentista, los posibles gestos al momento de la interpretación, exploraciones tímbricas e interpretativas —técnicas extendidas—. Es así como la composición comenzó a centrarse en la organización de toma de turno (Muller, 2002). En una de las estructuras básicas del análisis de la conversación, la toma de turno se considera la evidencia más fuerte para una reivindicación de universalidad en el lenguaje. Más específicamente, atribuye las interacciones durante el *performance* a dos estados, “control” y “observación”, así como dos acciones, “negociación” y “reparación” (Muller, 2002). Por ejemplo, en el contexto de la interpretación, en un momento dado hay un solista en el estado de “control”, mientras que el otro músico está en el estado de “observación”. Cerca del final de un solo de cinco medidas, los músicos comienzan a prepararse para el proceso de turno. Las señales que indican la probabilidad de que un solo o un turno terminen, constituyen lo que se conoce en el análisis de conversación como “la fase de relevancia de transición”. Durante esa etapa, los músicos se involucran en la “negociación” para decidir quién tomará el siguiente solo. La negociación, seguida por el cambio, suele estar marcada por acciones de “reparación”. Típicamente verbal, el fenómeno de la reparación se refiere a los intentos de aclarar cualquier confusión a lo largo de la actuación, pero especialmente aquello que resulta de entregar el papel de solista de un músico a otro. El proceso general se ilustra en la figura 1 Negociación-control-observación-reparación.

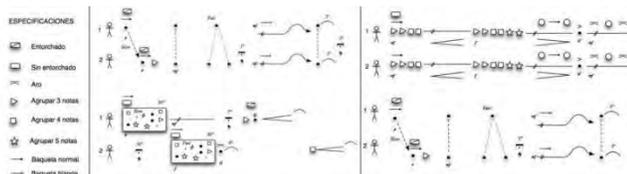


**Figura 1** Negociación-control-observación-reparación

Fuente: Elaboración propia a partir de la estructura de análisis de conversación, agosto, 2019.

Con estos elementos de escucha y espera relacionados con la interpretación telemática, y gracias a la asesoría y el apoyo del compositor Héctor Fabio Torres, se propuso una obra que juega, como su nombre lo indica, con la repetición del gesto y la observación del mismo, pensando cómo se integran estos elementos en la construcción de una interfaz que permita reconocer los gestos y ayudar a la interpretación y afinación del ensamble de los instrumentistas, recreando la metáfora de la pantomima del espejo, buscando evidenciar, en esta metáfora, la observación del otro, la sincronización, la propuesta del gesto y la velocidad del mismo, Gestos efectivos, buscando articular un tele-espacio activo de diálogo constante entre los instrumentistas.

A continuación describe la partitura de Double expuesta en la figura 2 Partitura Double.



**Figura 4.2** Partitura Double

Fuente: Héctor Fabio Torres, Mario H. Valencia, septiembre, 2020.

Se debe ser claro con las especificaciones y entender el significado de cada uno de los símbolos usados, así los primeros signos indican el uso de entorchado y no entorchado del redoblante, los siguientes signos indican el toque en el aro o en el parche, a continuación se exponen las figuraciones que indican el número de toque de la figura, que puede ser de uno a cinco, los últimos símbolos indican el tipo de baquetas utilizadas que pueden ser duras o blandas.

#### *Descripción de la partitura*

Se inicia con entorchado y con el primer instrumentista (I1) tocando un golpe, el instrumentista 2 (I2) espera escuchar este golpe y contesta el golpe y luego da 3 golpes, luego de estos golpes debe ocurrir algo auditivamente, ambos

instrumentistas deben dar un golpe simultáneo, si hay desfase del golpe, no importa, se busca que puedan medir la latencia y que intenten un golpe simultáneo, la pauta para el golpe simultáneo el poder escuchar los tres golpes anteriores del instrumentista I2, esta parte va en lento, se busca que más que la respuesta, lo importante sea la escucha y la medición de la latencia entre las partes.

La siguiente parte es rápida, esto significa, como lo expresa la partitura, que tiene que suceder que I2 toca una nota inmediata mente responde I1 y el dos golpea, luego una espera de 3 segundos, que busca que los intérpretes interioricen de forma adecuada la latencia, luego de los tres segundos inician con baqueta blanda y continuando con entorche, buscando un cambio de sonoridad y que la escucha se dé de mejor manera al bajar un poco las intensidades, inician la ejecución de un tremolo que va en crescendo con un pico, la idea del pico es que el sonido de I1 entre a I2 pero que esto se dé gracias al *feedback* de redoble que debe durar hasta que lo sientan claramente. Después de percibirlo, bajan y cuando lo hacen deben llegar al principio anterior de tocar una nota en simultáneo, en un momento determinado deben sentir claramente cuándo dar el golpe en simultáneo luego de lograrlo esperan otros tres segundos, que quitan los entorchados y luego I1 inicia una improvisación definido por la caja de figuración correspondiente, como se indica en esta caja el tiempo de improvisación es de treinta segundos tocando lento y en piano, esto con miras a lograr un contraste entre los intérpretes y un reconocimiento de los mismos por parte del público, estas improvisaciones buscan una expresión de acercamiento al instrumento, este instrumentista tiene como criterios de improvisación figuras de tres, cuatro, cinco, figuras sola, acentuadas o en redoble, cuando sale de la caja de improvisación debe quedar en un redoble medio-fuerte sin subir ni bajar, mientras sucede el redoble el I2 interpreta su caja de improvisación, que se diferencia de la improvisación de I1 en que el i2 será más rápido en los cambios de las figuraciones y lo hará más fuerte demorando también treinta segundos la salida de esta parte seda con el I2 haciendo un esforzado en el aro, y se espera siete segundos, luego de esta espera, que busca que los intérpretes reconozcan sus gestos a partir de la interfaz, I1 reinicia montando el entorchado y haciendo un tresillo, y viene a una nota en tremolo que va a tener un crescendo que puede durar lo que I1 quiera pero al salir del crescendo debe salir abriendo para que el redoblante quede vibrando, el instrumentista no parte de tres sino de cuatro y sigue igual.

El siguiente sistema, que busca hacer uso de la interface de la cual ya deben reconocer su representación gráfica, inicia con I1 quitando el entorchado, para que queden igual los dos instrumentos, e inician a realizar figuras en las que tienen que trabajar lo más simultáneo que puedan, sin seguir un pulso, deben coincidir en que van a acentuar 3 3 4 4 redoble tres tres cuatro cuatro cinco cinco, luego continuar con un redoble moviendo por diferentes áreas del parche mientras bajan, en *decrecendo*; una vez bajan van a un *esforzato* y luego realizan un redoble similar pero iniciando el redoble en el aro, luego pasan al parche moviendo por diferentes áreas y siguen en movimientos y redoble sobre el aro y por ultimo vuelven al parche, en este sistema se busca que los instrumentistas se escuche y observen para hacer coincidir la interpretación y su vez puedan explorar la expresividad y el gesto de interpretación sobre el instrumento de ellos mismos y del otro, de igual modo se busca que generen movimientos y gestos en su interpretación que permita controlar las imágenes que cambiaran a partir de estos movimientos.

El último sistema es básicamente un *da capo* que se interpreta teniendo en cuenta el reconocimiento de la latencia, el gesto y la interpretación, posibilitando evidenciar el ensamble articulado al final de la pieza.

### 3. Escenario 2: Interfaz de control y comunicación

Esta interfaz es el núcleo de la propuesta del prototipo ya que en esta se sintetizan y confluyen los diferentes elementos que componen los media del *performance*. Estos media son recreados gracias al envío y recepción de cuatro sistemas o categorías de *stream*. Como se ha descrito en sesiones anteriores, un *stream* de vídeo, uno de audio —descrito en el escenario siguiente—, un sistema de flujo de datos OSC que vienen de los diferentes sensores y un flujo de datos de comunicaciones, que se estructuran como un sistema de IRC interno.

#### 1. Sistema de vídeo

Este sistema está constituido a partir de la manipulación del flujo de vídeo que llega del punto remoto, el flujo de vídeo que se envía al punto remoto, y el control de vídeo interno que se realiza de las señales de vídeo capturadas de la cámara de envío, las cámaras del Kinect, tanto la infrarroja como la cámara a color, y la cámara de comunicación interna.

Las imágenes son enviadas y recibidas haciendo uso de UltraGrid y Shyphon. UltraGrid aplicación del Laboratorio de Tecnologías Avanzadas de Redes (SITOLA) es una implementación de *software* de alta calidad y baja latencia de vídeo (Holub, Matyska, Liška, Hejtmánek, Denmark, Rebok, y otros, 2006) desarrollado entre otros por Petr Holub y Milos Liška. Esta herramienta, de código abierto y distribuido bajo licencia BSD, permite hacer envíos punto a punto de vídeo aprovechando redes de alta velocidad y características básicas y genéricas de sistemas de vídeo lo cual le da una gran versatilidad de uso. UltraGrid conforma un entorno colaborativo de alta calidad que utiliza vídeo de alta definición (HD) logrando una excelente percepción del sitio remoto.

La parte de captura puede constar desde una cámara web HD hasta cámaras 8k, en nuestro caso hicimos uso de una cámara Logitech HD C920 en el punto remoto y una tarjeta de captura *blackmagic ultrastudio express* con una cámara Panasonic HC-V770 para el punto local, produciendo un flujo de datos de UDP de 320 Mbps de vídeo HD comprimido que se transfiere a través de la interfaz de red 10GE a la red IP de alta velocidad. El sistema de proyección utiliza UltraGrid para muestrear la profundidad de color y descentrelazar el vídeo, utilizando una solución de *software* haciendo uso de las tarjetas integradas de vídeo, una AMD Radeon HD 6770 de 512 MB para el punto remoto y una Intel iris 1536 MB para el punto local.

Para el envío y recepción de vídeo por UltraGrid se hace uso de un terminal con el cual se invoca al programa y se definen los parámetros de envío (véase la figura 3), los parámetros usados son `-t` que permite definir el módulo de captura de vídeo, `-c` especifica la compresión a utilizar, `-d` define los módulos de despliegue de vídeo, generalmente `opengl`, en el módulo `gl` se define el envío y recepción del *stream* de vídeo a una ip específica, los puertos usados son 5004-5007, también el módulo `gl` controla el uso de Syphone, tecnología que permite a las aplicaciones compartir vídeo de velocidad de cuadro completo en tiempo real, es de aclarar que los valores específicos de los parámetros difieren a partir de los elementos de *hardware* y *software* disponibles.



**Figura 3** Captura y envío de video con UltraGrid

Fuente: Elaboración propia a partir de foto de pantalla del uso de la aplicación UltraGrid, marzo, 2019.

La interfaz de control permite seleccionar los clientes de syphon con los cuales se realiza el envío y recepción del video; estos clientes permiten obtener las señales de video al interior de la interfaz. Asimismo, el sistema de control de video local permite seleccionar las diferentes fuentes locales de video, las cámaras web conectadas, las cámaras de Kinect y la cámara de envío de *stream* de video (véase la figura 4).



**Figura 4** Sección de aplicación prototipoDouble. Control de video local y recepción de video UltraGrid vía Syphone

Fuente: Elaboración propia a partir de foto de pantalla de parte de la aplicación prototipoDouble, febrero 2019.

## 2. Sistema de audio

Los sonidos son controlados a partir del sistema JackTrip, un sistema para el rendimiento de la red de audio de alta calidad a través de internet. Los creadores de este sistema, Chris Chafe y Juan Pablo Cáceres, proponen utilizar la red como un medio manipulable en lugar de ver la red como un vínculo o puente entre personas, potenciado así los entornos telemáticos (Cáceres & Chafe, 2009).

## 3. Sistema de flujo de datos OSC

Los datos son controlados gracias al uso del protocolo OSC —*Open Sound Control*—, un protocolo para la comunicación entre ordenadores, sintetizadores de sonido y otros dispositivos multimedia optimizados para tecnología de redes. Los datos utilizados en la interfaz corresponden al uso diferente de sensores que se aplicó a partir de un análisis semiestructurado realizado con algunos intérpretes adoptantes de *performances* telemáticos. Los sensores seleccionados se articularon en tres categorías, la representación del instrumento, la representación del cuerpo del instrumentista y la representación del gesto o el acto y acción de la interpretación.

Para la captura de datos que representan estas categorías, fueron seleccionados diferentes tipos de sensores que, después de algunos ensayos y discusiones,

reflejaron ser los mejores para las diferentes representaciones seleccionadas. Para la representación del instrumento se definió el uso de piezo-eléctricos sobre el instrumento (véase la figura 5 Sensores usados), que en este prototipo fue un redoblante. Para la representación del cuerpo se utilizó Kinect, haciendo uso de algunos de los huesos del esqueleto que reconoce esta interfaz, y para la representación del gesto se usó un giroscopio con acelerómetro que permitió obtener la posición espacial y la velocidad de la muñeca del instrumentista.

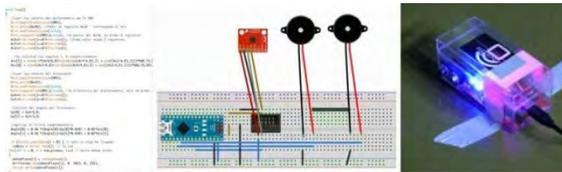


**Figura 5** Sensores usados

Fuente: Elaboración propia a partir de fotografías del instrumento sensorizado, abril, 2019.

#### 4. *Representación de sensores de instrumento y gesto*

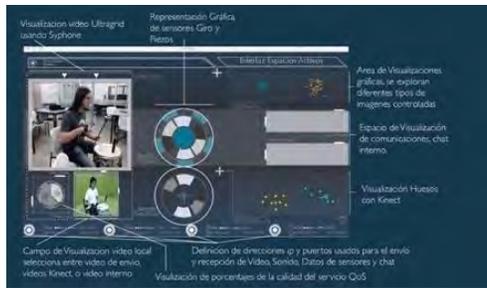
Para la manipulación y el uso de los sensores se diseñó una interfaz de *hardware*, Double Box, que permite conectar los piezo-eléctricos y giroscopios. Dicha interfaz consta de un arduino nano que captura las señales análogas y un componente de *software* que filtra las señales capturadas y las envía bajo protocolo OSC al computador (véase la figura 6) Double\_Box.



**Figura 6** Double\_Box

Fuente: Elaboración propia a partir de la construcción de la interfaz de hardware, febrero, 2019.

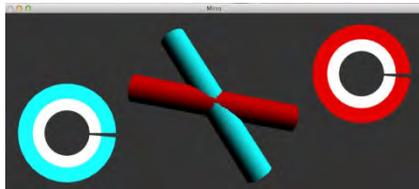
Los datos enviados vía OSC (Piezo\_1, Piezo\_2, Giro\_X, Giro\_Y y Giro\_Z) por Double\_Box, son leídos con la interfaz de control, una aplicación en MAX/MSP, que permite representar visualmente esta información. Con estos datos se exploran las visualizaciones a partir de la integración en la interface de varias propuestas gráficas interactivas que se desarrollaron a partir de la técnica de prototipos evolutivo (Bernsen & Dybkjær, 2009). La interfaz obtenida se describe en la figura 7 Descripción campos de la interfaz Double.



**Figura 7** Descripción campos de la interfaz Double

Fuente: Elaboración propia a partir de la foto de pantalla de la aplicación de Double, junio, 2019.

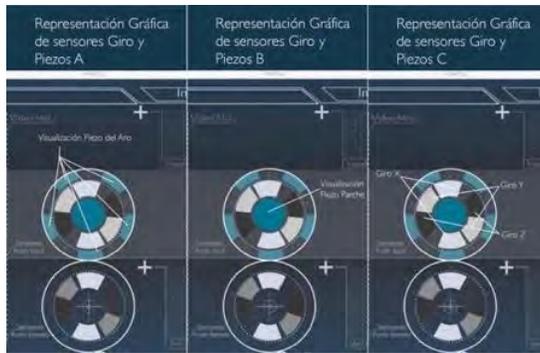
La representación gráfica específica de los sensores en la interfaz se representa con el uso de círculos y segmentos de arco que evoluciona a partir de una primera propuesta que hace uso de círculos y barras tridimensionales (véase la figura 8 Visualización previa de sensores). Esta propuesta inicial fue probada y rediseñada gracias al trabajo de *Design Think* y la aplicación de HCI de tercera ola.



**Figura 8** Visualización previa de sensores

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación Double, febrero, 2018.

La representación gráfica evolucionó a una síntesis gráfica de dos círculos, una para la información local y otra para la remota las cuales están conformadas por una serie de cinco arcos periféricos (véase la figura 9 Representación gráfica de sensores giro y piezos *A*), que representan la señal del piezoeléctrico colocado en el aro del redoblante, un círculo al centro del compendio gráfico (véase la figura 9 Representación gráfica de sensores giro y piezos *B*), representa el piezoeléctrico dispuesto en el parche, entre estas dos gráficas se encuentran una serie de seis semicírculos categorizados por color —en escala de grises—, generando tres pares de color cada par, que son dos arcos contrapuestos (véase la figura 9 Representación gráfica de sensores giro y piezos *C*), representan el movimiento de uno de ejes analizado del giroscopio y el acelerómetro. La posición de cada compendio gráfico define al punto local y al remoto, siendo el círculo superior el que representa el punto local de cada intérprete y el círculo inferior para el punto remoto; el uso de color también identifica cada locación siendo usado el color azul para el cliente y el amarillo para el servidor.

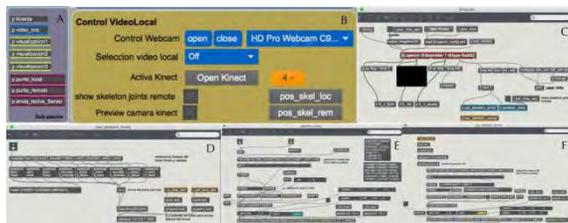


**Figura 9** Representación gráfica de sensores giro y piezos

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación Double, agosto, 2018.

## 5. Representación del cuerpo

Como se describió en un apartado anterior, para esta representación se hizo uso de Kinect para visualizar los movimientos del cuerpo de los instrumentistas, se usó la librería `jit.openni` (véase la figura 10 Captura, envío y recepción de esqueleto de Kinect C). Esta librería permite capturar las cámaras del Kinect, cámara infrarroja y cámara a color, así como el cálculo del esqueleto, estos últimos son recibidos y convertidos a formato OSC y graficados en la pantalla (véase la figura 10 Captura, envío y recepción de esqueleto de Kinect E). En el prototipo se grafican doce huesos, que son también enviados al punto remoto (véase la figura 10 Captura, envío y recepción de esqueleto de Kinect D), de igual forma se reciben los datos vía OSC del esqueleto remoto (véase la figura 10 Captura, envío y recepción de esqueleto de Kinect F) y se grafican en la interfaz.



**Figura 10** Captura, envío y recepción de esqueleto de Kinect

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación Double, mayo, 2019.

## 6. Flujo de datos para comunicaciones

Para lograr una adecuada comunicación y a partir de las necesidades planteadas en los análisis y talleres realizados previamente con los instrumentistas, se vio la necesidad de adoptar un sistema de comunicación textual tipo *chat* en la aplicación de control, para esto se creó un *subpatch*, (véase la figura 4.11 IRC interno\_A), que envía y recibe cadenas de caracteres a una dirección IP y a puertos específicos en cada máquina, esta información es visualizada en la interfaz principal (véase la figura 11 IRC interno\_B), para permitir que los instrumentistas tuvieran

información sobre lo que estaba sucediendo en las comunicaciones de soporte generadas antes y durante la interpretación).



**Figura 11** IRC interno

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación Double, mayo, 2019.

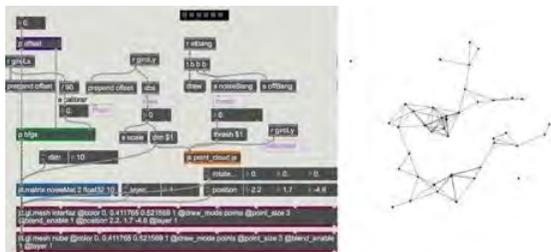
## 7. Visualizaciones

Uno de los objetivos del prototipo y de la interfaz es proponer visualizaciones que, por un lado, les permitan a los intérpretes tener mayor información y cualidades expresivas para articular de mejor forma el ensamble y, por otro lado, ofrecer alternativas visuales a las audiencias para que perciban de una mejor manera las interacciones de la interpretación grupal y así posibilitar que reconozcan y habiten el espacio activo recreado en estos *performances* telemáticos. Se plantea entonces una serie de visualizaciones controladas por los instrumentistas con sus gestos, posiciones y sonoridades, que permiten evaluar con ellos mismos y con el público —en el marco del diseño HCI orientado en el usuario— qué tipo de visualización y de interacción es más recomendable usar en este tipo de ensambles.

Con este objetivo, se planteó el uso de varios tipos de visualizaciones interactivas que admitan, en los test multivariable, evaluar su funcionalidad en cuanto a las categorías abordadas en la etapa de diseño.

### Visualización 1 *Point Cloud*

Esta visualización se basa en modelos de nube de puntos, en este caso la representación de superficie en tres dimensiones se genera a partir de modelos de *gmesh* construyendo una red de triángulos sobre los vértices existentes en la nube, que son generados a partir de la técnica del pivoteo de bolas. La posición X, Y y Z del intérprete es utilizada para parametrizar el pivoteo, definir la triangulación y controlar la velocidad de la nube respectivamente (véase la figura 12 Visualización, *Point Cloud*).

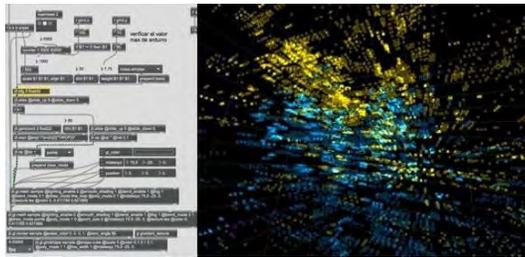


**Figura 12** Visualización, Point Cloud

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación Double, febrero, 2020.

### Visualización 2. Superficie de coordenadas

Esta propuesta de visualización plantea la construcción de un modelo de superficie nurbs, el cual genera sus puntos de control ponderado a partir de una función sinusoidal controlada por la posición X del intérprete, el tamaño de los polígonos de control son definidos por una aproximación generada por la posición Y del intérprete. Esta superficie es definida en escala y dimensiones a partir de una variación simple de ruido.



**Figura 13** Visualización de Nurbs

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación Double, Febrero 2020.

#### **4. Escenario 3: Audio**

Para un ensayo musical distribuido, la calidad del audio es uno de los factores principales, pero no solo debemos reproducir el sonido con alta calidad, sino también se debe preservar la profundidad y la dirección de la información; para esto, es importante capturar el sonido para que pueda reproducirse con la mayor exactitud posible. Un método para la captura de sonido es ubicar un micrófono delante de cada músico. Sin embargo, esto suprime toda la información sobre las posiciones de los músicos en el espacio sonoro, haciéndose necesario el uso de programas de espacialización o, aplicar técnicas de espacialización virtual para recrear la información espacial del sonido con el computador. Un segundo método utiliza varios micrófonos —dos o cuatro, dependiendo de la configuración— que capturan el sonido junto con toda su información espacial (Williams & Le Dù, 2010). Con la disposición de un músico en cada sitio, los cálculos siguen siendo relativamente simples, y dos micrófonos colocados en las posiciones correctas son suficientes. Para configuraciones más complejas —más sitios, o más intérpretes—, esta solución no será suficiente y las técnicas de realidad virtual seguramente serán necesarias. Sin embargo, no estudiamos estas técnicas porque están fuera del alcance de este proyecto.

La mayoría de las presentaciones discutidas en esta tesis emplearon JackTrip (Caceres & Chafe, 2009) como su principal aplicación de red de audio, debido a sus grandes ventajas frente a otras herramientas. JackTrip (véase la figura 14 Interfaz JackTrip) presenta una serie de características cruciales que la han llevado a lograr un estatus preferencial entre muchos profesionales de la música en red. Sus mecanismos de almacenamiento intermedio permiten bajos niveles de latencia mientras se preserva la calidad de audio, que solo está limitada por la velocidad de muestreo de las tarjetas de audio. El uso de Jack Audio Connecting Kit (JACK) como un servidor de audio permite la flexibilidad de enrutamiento y la integración con otras aplicaciones de audio. Finalmente, la aplicación funciona tanto en sistemas operativos Mac OS X como en sistemas operativos Linux, y ha demostrado ser confiable bajo condiciones de tensión relativa, como en conciertos con múltiples ubicaciones en todo el mundo.



**Figura 14** Interfaz JackTrip

Fuente: Elaboración propia a partir de la interfaz de la aplicación JackPilot, mayo, 2020.

Para la grabación y mezcla de las señales de audio fue utilizado Ardour, este es un sistema de grabación multipista y edición profesional de código abierto. Al ser una estación de trabajo de audio permite las principales características en cuanto a pistas y buses, permitiendo envíos, mezclas y submezclas, altamente necesarios en los diferentes enrutamientos de audio para los montajes telemáticos (véase la figura 15 Interfaz editor y mezcla Ardour de Double); adicionalmente, y la principal razón para su selección, Ardour utiliza el Jack Audio Connection Kit (JACK) para interactuar con la tarjeta de sonido de la computadora, así como con otras aplicaciones de audio que se ejecutan en el mismo sistema JackTrip, herramienta ya descrita anteriormente.



**Figura 15** Interfaz editor y mezcla Ardour de Double

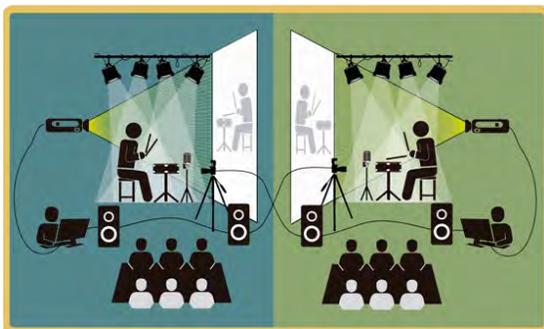
Fuente: Elaboración propia a partir de foto de pantalla de la aplicación Ardour, abril, 2020.

## **5. Escenario 4: Escenografía**

El cuarto escenario planteado es el escenográfico. En esta investigación se plantea que el diseño de estos espacios posibilita la construcción adecuada del espacio activo y, en consecuencia, facilita las comunicaciones verbales y no verbales del grupo en busca de la realización del ensamble necesario para la construcción de un adecuado performance colaborativo. De esta forma, el diseño de los escenarios traza un nuevo reto que se estructura a partir de la relación entre las diferentes partes remotas y locales que se articulan en un nuevo entorno de diseño que entiende lo virtual como la suma de los espacios locales y remotos que interviene en el performance.

En un ensayo no distribuido los músicos ocupan físicamente la misma habitación. En el ensayo distribuido los músicos no ocupan lógicamente la misma habitación. Proyectar imágenes de video en una pantalla grande es la primer aproximación a

este entorno; pero, como ya se ha expresado, estos entornos tipo videoconferencia no son suficientes. En el caso del Double, los ensayos y las pruebas distribuidas en multisitios se definen con una configuración de dos sitios, con cada uno de los intérpretes —percusionistas— en cada sitio (véase la figura 16 Disposición en escenario). Acompañando a cada intérprete se encuentran: el director de escenario, el director de sonido, el director de video y los asistentes de audio y video. El diseño lógico del performance necesita una definición que haga posible una representación física; para nuestra configuración se hacen necesarias dos pantallas de proyección para cada sitio, una delante de los intérpretes para poder comprender la disposición y actuación de su par y otra pantalla trasera o lateral que permita construir el entorno de los dos sitios de los músicos fusionados en uno para dar la impresión de un solo grupo. Idealmente, los dos participantes experimentarían un marco translúcido entre ellos en el estudio de ensayo. Obviamente, la luminosidad de las paredes de video debe ser lo suficientemente fuerte para que ambos sitios tengan suficiente luz ambiental. Para preservar la perspectiva posicional de los músicos, la captura de video se lleva a cabo entre la pantalla frontal y los participantes. En consecuencia, no podemos utilizar las cámaras grandes que ocultan la pantalla, por lo que es necesario el uso de cámaras no intrusivas. Adicionalmente, dependiendo de las características de las cámaras, la reproducción exacta de las proporciones físicas de los participantes podría requerir una corrección en perspectiva del video. Debido a que el movimiento observado de los intérpretes es crucial, debemos transmitir el video a la frecuencia de fotogramas de video completa, en lugar de a una velocidad de fotogramas inferior.

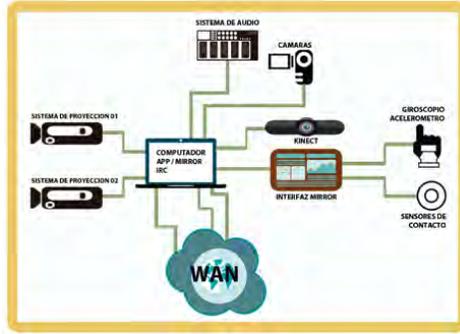


**Figura 16** Disposición en escenario

Fuente: Elaboración propia a partir de la disposición del escenario para el montaje de la obra Double, junio, 2017.

Con la versión final de este prototipo se realizó una serie de testeos multivariados y entrevistas semiestructuradas (Bødker, Ehn, Knudsen, Kyng, & Madsen, 1988), que buscaban evaluar el uso, las ventajas o desventajas que aporta esta interfaz en la construcción y comunicación del tele-espacio activo.

Double en síntesis consiste en un sistema integrado por una aplicación de software, una interfaz de hardware, una serie de sensores de movimiento y un equipo de audio y video adicional para la transmisión y enrutamiento de stream. En la figura 17 Resumen técnico de la aplicación Double, se ofrece un resumen técnico de esta interfaz.



**Figura 17** Resumen técnico de la aplicación Double

Fuente: Elaboración propia a partir del uso de tecnologías usadas para la obra Double, junio, 2020.

## 6. Conclusiones

El Desarrollo y puesta a punto del prototipo Double nos interpela sobre cómo se hibridan los diferentes campos de desempeño —por ejemplo, los expertos en tecnologías, los artistas o los científicos—, y cómo pasamos de un trabajo de colaboración a uno de cooperación y co-creación, en los que los planteamientos y las soluciones, no pocas veces, llegan desde miradas diversas; y, el conocimiento de campos que antes podrían parecer no relacionados se complementan y permiten articular nuevas ideas e hipótesis en proyectos de investigación y creación.

Este planteamiento, sumado a la reconfiguración de los papeles de los usuarios y creadores —audiencias e intérpretes— sugiere que, tal vez, en este tipo de modelos, la experiencia y la emoción son elementos que deben ser tenidos en cuenta, incluso superando al modelo comunicativo —como los modelos cognitivos o los centrados en el usuario, por ejemplo—, o la estructura de la interfaz misma. Esto es, quizás, natural cuando nos encontramos frente a un nuevo tipo de formato que genera expectativas y retos desde el punto de vista creativo, técnico y de diseño, como ha ocurrido cuando nuevas formas y expresiones han surgido en el pasado. No hay duda de que las personas que trabajan con performance distribuidos —especialmente desde el lado creativo y por qué no decirlo, artístico— deben sostener como su meta final que estos formatos sean aceptados como válidos en el campo creativo y académico, no solo como una curiosidad o una simple demostración tecnológica —como sucedió con el cine—. Sin embargo, esto se podrá hacer cuando la tecnología esté lo suficientemente apropiada en los campos y contextos de la creación misma, cuando se entienda que parte del conocimiento tecnológico debe ser pieza activa, compositiva y estructural en los procesos creativos, y que los desarrollos tecnológicos son necesarios y deben ser vistos más que como un simple paso en el camino. Todo lo anterior sin olvidar que el deseo de crear, expresar y comunicar es el propósito final y último en este tipo de procesos.

Esta ponencia pretende aclarar algunos cuestionamientos y comprender puntos de inflexión que se producen al entrecruzar el arte, el diseño y lo tecnológico con elementos —medios— visuales, acústicos, sonoros, espaciales y “objetuales” mezclados en un mismo marco espacio-temporal asistido por tecnologías de carácter telemático y de telepresencia, desde la mirada del diseño de interacción, el trabajo colaborativo y la realización audiovisual en vivo.

Double busca determinar configuraciones de entornos interactivos que involucren la creación e interpretación sonora y visual colaborativa en espacios distribuidos, conectados gracias al uso de tecnologías de telecomunicaciones. Para lograrlo, se identifican estructuras y elementos. En síntesis, topologías que conforman los espacios performáticos distribuidos de creación audiovisual: se determinan modelos de interacción distribuida sobre redes de alta velocidad en ambientes que involucren lo sonoro, lo visual y lo háptico, mediado por el gesto; se evalúan los tipos de interfaces —multimodales— y las actividades de múltiples usuarios —interacciones— presentes en ambientes de creación colaborativa y se determinan las características que deban ser tenidas en cuenta en la producción —dirección de arte— de espacios visuales compartidos en red o, el diseño de tele-espacios activos.

Puesto en otros términos, queda el planteamiento de cómo estructurar obras de carácter telemático en las que confluyan audio, imagen, montajes e interacciones que permitan, a partir de los trabajos de ensayo previos y la refinación de prototipos, plantear una estructura de trabajo y creación colaborativa que facilite los procesos y cree puentes entre las diversas disciplinas creativas y tecnológicas, estructurándose así el diseño de ambientes performáticos en red, que aquí se plantean con el término “tele-espacios activos”.

## **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Proyecto de Investigación “Prototipos de creación performática diseñados para ambientes telemáticos” y forma parte de la Tesis doctoral “Configuración de teleespacios activos. Entornos de interacción performáticos distribuidos de creación sonora y visual”.

## **Referencias**

- 1 Schroeder, F., Renaud, A., Rebelo, P., & Gualda, F. (2007). Addressing the Network: Performance strategies for Playing Apart. *International Computer Music Conference* . 2007, págs. 133 – 140. Michigan: Michigan Publishing.
- 2 Gross, T., Stry, C., & Totter, A. (01 de June de 2005). User-Centered Awareness in Computer-Supported Cooperative Work-Systems: Structured Embedding of Findings from Social Sciences. *International Journal of Human-Computer Interaction* , 18(3), 323-360.
- 3 Bernsen, N., & Dybkjær, L. (2009). *Multimodal Usability*. Verlag, London, UK: Springer.
- 4 Muller, M. (2002). Participatory design: the third space in HCI. En J. Jacko, & A. Sears, *The human-computer interaction handbook* (págs. 1051-1068). Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc.
- 5 Williams, M., & Le Dû, G. (2010). *Multichannel sound recording*. Microphone Data Ltd, MMAD . Microphone Data Ltd.
- 6 Caceres, J., & Chafe, C. (2009). JackTrip: Under the Hood of an Engine for Network Audio. *Proceedings of International Computer Music Conference*. 2009, págs. 509 - 512. Montreal: Michigan Publishing

