

CUADERNOS TÉCNICOS UNIVERSITARIOS DE LA **DGTIC**

ISSN en trámite

Vol. 2, Núm. 4. octubre-diciembre 2024

DOI:10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN



**Cuadernos Técnicos Universitarios
de la DGTIC**

Vol. 2, Núm. 4. octubre-diciembre 2024

DOI: 10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4

ISSN en trámite



DGTIC UNAM

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

CUADERNOS TÉCNICOS UNIVERSITARIOS DE LA DGTIC

Editor Responsable [Héctor Benítez Pérez](#) • Editora Académica [Marcela J. Peñaloza Báez](#) • Asistente Editorial [Pamela Valdés Reséndiz](#) • Corrector de estilo [Pablo Vázquez Castellanos](#)

Comité Editorial de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación

[Héctor Benítez Pérez](#) • Luz María Castañeda de León
• Rafael Fernández Corro • [Alfredo Hernández Mendoza](#) •
[Marina Kriscautzky Laxague](#) • Lorena Cárdenas Guzmán
• [Ana Yuri Ramírez Molina](#) • Eprin Varas Gabrelian • Juan
Voutssás Márquez

Para citar un reporte técnico de la obra: Apellidos 1 Apellidos 2, Iniciales nombres. (2024). Título del reporte técnico. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4), páginas (N1-N2).

CUADERNOS TÉCNICOS UNIVERSITARIOS DE LA DGTIC, Año 2, No. 4, octubre-diciembre 2024, es una publicación trimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, Circuito Exterior s/n, frente a la Facultad de Contaduría y Administración, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Tel. (55) 5622 8502 y 5622 8354, URL: <https://cuadernos.tic.unam.mx>, correo electrónico cuadernostecnicos-dgtic@unam.mx, Editor responsable: Dr. Héctor Benítez Pérez. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título: 04-2023-100610042700-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Dra. Marcela J. Peñalosa Báez, responsable de la última actualización de este número, Circuito Exterior s/n, frente a la Facultad de Contaduría y Administración, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México. Fecha de la última modificación, 13 de noviembre de 2024.

El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

AVISO DE PRIVACIDAD

<https://www.tic.unam.mx/avisosprivacidad/>

COLABORADORES

Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial a través de [Socorro Venegas Pérez](#), Directora General • [Guillermo Chávez Sánchez](#), Subdirector de Revistas Académicas y Publicaciones Digitales • [Lilia Nataly Vaca Tapia](#), Jefa de Gestión de Revistas Académicas • [Jorge Pérez García](#), Jefe del Departamento de Soporte Técnico de Sistemas Editoriales • [Juan Manuel Rodríguez Martínez](#), Jefe de Desarrollo • [Victor Daniel Haro Gómez](#), Diseñador web • [Jaqueline Segura Bautista](#), Gestión de recursos.

Dirección de Colaboración y Vinculación a través de [Ana Yuri Ramírez Molina](#), Directora de Colaboración y Vinculación • [Juan Manuel Castillejos Reyes](#), Líder de proyecto de Soporte Técnico • [Alberto González Guízar](#), Infraestructura y software • [José Othoniel Chamú Arias](#), Servidores y bases de datos • [Miguel Ángel Islas Flores](#), Diseño gráfico y editorial • [Jonathan Cedillo Castro](#), Maquetador.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas, Rector • Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda, Secretaria General • Mtro. Hugo Alejandro Concha Cantú, Abogado General • Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez, Secretario Administrativo • Dra. Diana Tamara Martínez Ruíz, Secretaria de Desarrollo Institucional • Dr. Héctor Benítez Pérez, Director General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación.

CONTENIDO

Presentación.....	8
Edificios históricos en la era digital: oportunidades de las réplicas digitales Irais Nohemi Hernández Ortíz	9
Migración de sitios web de la plataforma Drupal 7 a Backdrop Gunnar Eyal Wolf Iszaevich	16
Despliegue de IPv6 en la Facultad de Estudios Superiores Aragón Lourdes Jiménez Ramírez	22
Implementación de un chatbot de soporte en la plataforma Aulas Virtuales Alan López de Jesús	32
Implementación de una metodología de diseño para desarrollo de un juego responsivo Carlos Valadez Cedillo	41
Registro digital de mapas del fondo Pedro Bosh-Gimpera empleando técnicas fotogramétricas Araceli Casas Cordero, Alicia Ascención Reyes Sánchez, Emilio José Quiroz Galván, Víctor Hugo Franco Serrano	49
Grid UNAM, la experiencia en su implementación Silvia Elizabeth Frausto del Río, Eduardo Iván Ortega Alarcón, María de Lourdes Velázquez Pastrana.....	65
Implementación de un sistema de gestión de conferencias Raúl Mauricio Orozco Cordero, Mónica Ocampo Uribe, Claudia Estefani Laredes Flores.....	81

PRESENTACIÓN

La Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) ha mantenido abierta la invitación para que su personal técnico académico se apropie del espacio formal que se ofrece desde noviembre de 2023 en los Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC (CTUD).

Hoy se presenta el número que marca el primer aniversario de esta revista digital, pionera en la UNAM en la publicación de reportes técnicos revisados por pares bajo modalidad de arbitraje doble ciego.

Se ha ampliado el universo de autores invitados a participar: a partir del número que se publicó en febrero de 2024, se incorporaron textos de la autoría de técnicos académicos de otras entidades y dependencias universitarias.

El seguimiento del Comité Editorial de la DGTIC, en su segundo año en funciones, así como la entusiasta colaboración de más de medio centenar de revisores especializados de la UNAM y de instituciones externas, públicas y privadas, han permitido mantener la periodicidad trimestral de publicación y la incorporación al directorio Latindex.

Con la publicación en este número de los primeros tres reportes en coautoría, donde al menos uno de los autores es técnico académico en la institución, se busca dar los primeros pasos para institucionalizar el valor del reporte técnico como un medio escrito y formal para facilitar la transferencia de conocimiento de las aportaciones tanto de las y los técnicos académicos como del personal universitario especializado que colabora en proyectos y servicios de TIC en la UNAM.

Enhorabuena a las y los autores de los 48 reportes técnicos que se han publicado de noviembre de 2023 al presente número, así como a quienes con su compromiso y esfuerzo hacen posible que este espacio avance hacia su segundo año al servicio del personal TIC de la institución.

Larga vida a los Cuadernos Técnicos Universitarios, que son de la DGTIC y de nuestra gran Universidad.

“Por mi raza hablará el espíritu”

Dr. Héctor Benítez Pérez

Presidente del Comité Editorial y titular de la
Dirección General de Cómputo y de Tecnologías
de Información y Comunicación

13 de noviembre de 2024.

Edificios históricos en la era digital: oportunidades de las réplicas digitales

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Hernández Ortíz, I. N. (2024). Edificios históricos en la era digital: oportunidades de las réplicas digitales. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (9 - 15).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.78>

Irais Nohemi Hernández Ortíz

Instituto de Investigaciones Estéticas
Universidad Nacional Autónoma de México

iraisn@comunidad.unam.mx

ORCID: 0009-0007-5069-1080

Resumen

El proyecto se centró en la aplicación de técnicas fotogramétricas y análisis de Modelos Digitales de Elevación para documentar y analizar fachadas de inmuebles históricos. Se empleó un enfoque metodológico orientado a maximizar la precisión y eficiencia en la representación de las características físicas de las estructuras. La fotogrametría permitió generar mapas de profundidad, que fueron transformados dentro de un entorno de Sistemas de Información Geográfica. Estos modelos se procesaron para resaltar las variaciones de altura mediante visualizaciones en pseudocolor y análisis de relieve, lo que facilitó la identificación de detalles que son difíciles de captar con la fotografía tradicional. Los resultados demostraron que esta técnica mejora la visibilidad de los elementos arquitectónicos, por lo que ofrece un recurso para la conservación patrimonial. El proceso propuesto también es una opción para el seguimiento continuo de los edificios a lo largo del tiempo, al permitir la creación de un registro cronológico para la detección temprana de grietas, deformaciones y deterioro de los acabados.

Palabras clave:

Patrimonio, réplicas digitales, MDE, conservación digital, fotogrametría.

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura prehispánica de México es un testimonio físico de la historia del país y un punto de referencia en la identidad colectiva regional y nacional, sin embargo, factores como la urbanización, el deterioro natural, el saqueo o la destrucción deliberada representan amenazas significativas para su preservación. Según el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), en México se han registrado 49,347 sitios arqueológicos con antigüedad, dimensiones y trascendencia variable, lo que evidencia la riqueza y la diversidad del patrimonio arquitectónico del territorio (Mediateca INAH, s.f.). En este contexto, el uso de copias digitales de objetos materiales con valor patrimonial ofrece una alternativa efectiva para recrear el legado cultural.

En el campo del modelado de estructuras patrimoniales empleando medios digitales, se pueden observar dos líneas principales de actuación. La primera se centra en la creación de modelos 3D con un enfoque recreativo o de divulgación; en su elaboración, se emplean dimensiones aproximadas y su propósito primordial radica en la apreciación visual y la visibilización del patrimonio en plataformas públicas. La segunda está orientada a la documentación precisa y exhaustiva, con el objetivo de preservar la información en su forma más fiel, exacta y detallada posible.

El Proyecto Medición de la Arquitectura, Mecate, adscrito al Instituto de Investigaciones Estéticas, se enfoca en el desarrollo de métodos para obtener información digital rigurosa sobre construcciones antiguas. Dentro de las actividades de Mecate, el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) es esencial para la documentación y análisis detallado de las estructuras. Integrar herramientas digitales que permiten capturar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos geoespaciales, transformando imágenes y coordenadas en modelos virtuales, vuelve evidente el vínculo entre las TIC y las humanidades.

El presente reporte tiene como objetivo detallar el proceso de tratamiento y transformación de réplicas digitales de edificios patrimoniales, con el fin de generar material gráfico enriquecido con capas de información, destinado a apoyar los estudios especializados en este campo.

2. DESARROLLO TÉCNICO

La réplica digital es una copia virtual y precisa de un objeto físico, que se logra mediante la suma de técnicas de digitalización y coordenadas espaciales obtenidas con instrumentos topográficos. Esta captura, con alta fidelidad, la forma, textura y detalles del modelo original. Se considera precisa cuando su rango de error es menor a 2.5 milímetros por metro.

El proyecto Mecate realizó el registro arquitectónico de la zona arqueológica de Xochicalco en tres visitas al sitio en el periodo de 2014 a 2018. En 2022, se trabajó en material gráfico que describiera de forma detallada y precisa las escenas plasmadas en los relieves de los muros exteriores de la pirámide de las Serpientes Emplumadas. Incorporar al procesamiento las imágenes del interior y las tomas aéreas del edificio no eran necesario, pero se decidió usarlas para completar la estructura y evitar que la información quedara sin contexto. Las coordenadas espaciales que aportaron precisión al modelo se obtuvieron mediante el instrumento de medición topográfica denominado estación total.

2.1 METODOLOGÍA

Con el fin de obtener la información morfológica y dimensional de la estructura arquitectónica, se empleó fotogrametría en un entorno digital. La fotogrametría es un conjunto de métodos y procedimientos que, a partir de fotografías solapadas, deducen las formas y dimensiones de los objetos. Se fundamenta en el hecho de que la imagen fotográfica es una perspectiva generada en un sistema de proyección central y que las lentes fotográficas generan distorsiones ópticas que obedecen leyes matemáticas. Los programas fotogramétricos operan bajo algoritmos desarrollados sobre estos principios geométricos y matemáticos. Pueden ser, según el tipo de toma, terrestres, aéreas o una combinación de ambas. Almagro (2019) y Leija-Román, et al. (2022) destacan cómo la fotogrametría ha sido ampliamente aplicada en el campo de la preservación digital. En este proyecto, se utilizó *Metashape Professional Edition* de Agisoft por ser multiplataforma y ofrecer una licencia académica a un costo accesible.

El proceso de creación de la réplica digital comenzó con incorporar las imágenes del edificio al programa fotogramétrico. Debido a que las fotografías fueron tomadas bajo distintas condiciones de iluminación, fue necesario aplicar una corrección de color antes de su incorporación. Posteriormente, se efectuó el análisis de las imágenes con un valor de precisión alta para identificar rasgos comunes en ellas, a estas conexiones se les denomina puntos de paso. Después de reconocer los vínculos entre fotografías, se calculó la distancia y la posición de cada punto en el entorno tridimensional, esta información recibe el nombre de mapas de profundidad y fue realizado en calidad alta. A partir de los mapas, se generaron 186 millones de representaciones visuales en forma de puntos, todos ellos con una ubicación espacial y color específico. El conglomerado de puntos describe la morfología del objeto en el ambiente virtual, como se puede apreciar en la figura 1, y es nombrado nube de puntos densa o simplemente nube de puntos. El rango de error fue de 1 milímetro por metro.

Figura 1

Nube de puntos de La Pirámide de las Serpientes Emplumadas en diferentes acercamientos



Este reporte se enfoca en el tratamiento y transformación del objeto digital tridimensional, por lo que no se abordarán en detalle los aspectos técnicos del proceso fotogramétrico, ya ampliamente documentados.

Para más información, puede consultarse el trabajo de Quintilla Castán y Agustín Hernández (2022), quienes lo describen exhaustivamente.

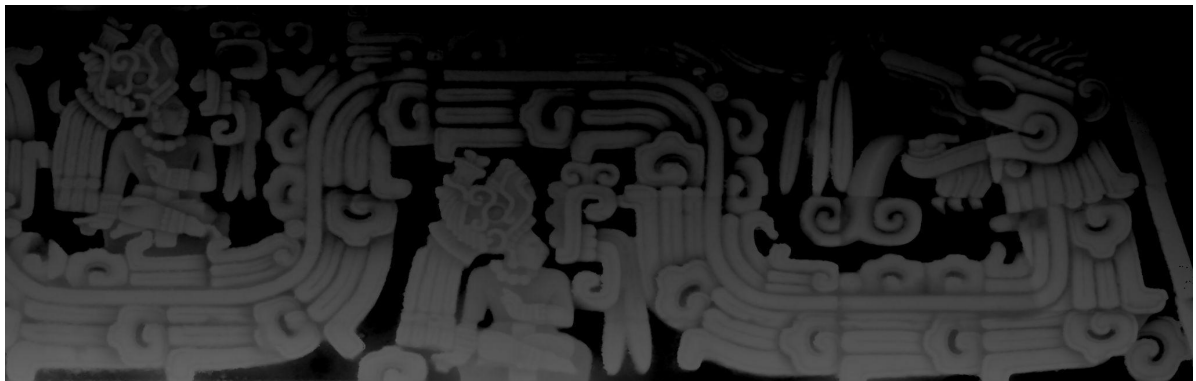
El siguiente paso de la metodología también se realizó con el programa *Metashape* y consistió en la creación de los Modelos Digitales de Elevación (MDE) a partir de las nubes de puntos previamente procesadas. Los MDE son un medio bidimensional que representa las alturas o profundidades de una superficie, incluyendo la presencia de cualquier objeto o detalle sobre ella. La utilidad de estas representaciones en los entornos de preservación patrimonial es descrita en el trabajo de Lodeiro Pérez, et al. (2022), quienes muestran la aplicación de este recurso en tres proyectos de conservación, haciendo evidente su aportación en el registro arquitectónico.

Antes de proceder con la generación del MDE, se realizó un filtrado de información para eliminar ruido y puntos irrelevantes. Este paso permitió definir con mayor precisión las características físicas de la fachada, evitando distorsiones causadas por datos inexactos. A continuación, se alineó la proyección a la superficie de interés, al tratarse de una alineación planar, se usaron marcadores para establecer el eje horizontal y vertical, asegurando una correcta correspondencia espacial. En proyectos donde se requiere un análisis geoespacial, es esencial asegurar que el MDE esté correctamente alineado con el sistema de coordenadas utilizado. Esto garantiza que los datos puedan integrarse adecuadamente con otras capas de información espacial, si es necesario.

Se efectuaron pruebas activando y desactivando la interpolación durante el proceso para evitar que la herramienta mostrará áreas con profundidades no representativas, lo cual podría introducir errores en el análisis. En este proyecto, se utilizó la resolución máxima propuesta por el software para obtener una mayor cantidad de detalles y precisión, por tratarse de superficies complejas. Sin embargo, en casos donde el modelo presenta un alto nivel de ruido, puede ser preferible ajustar la resolución para disminuir distorsiones y lograr un balance entre detalle y claridad. Una vez generado el MDE, se evaluó y comparó con datos de referencia para verificar que reflejara fielmente la morfología de la superficie analizada. Finalmente, el MDE se exportó en formato *Tiff/Geotiff* con una representación de escala de 25 milímetros en cada píxel. En la figura 2, se muestra el contenido del archivo procesado.

Figura 2

Información del archivo Tiff/Geotiff del Modelo Digital de Elevaciones



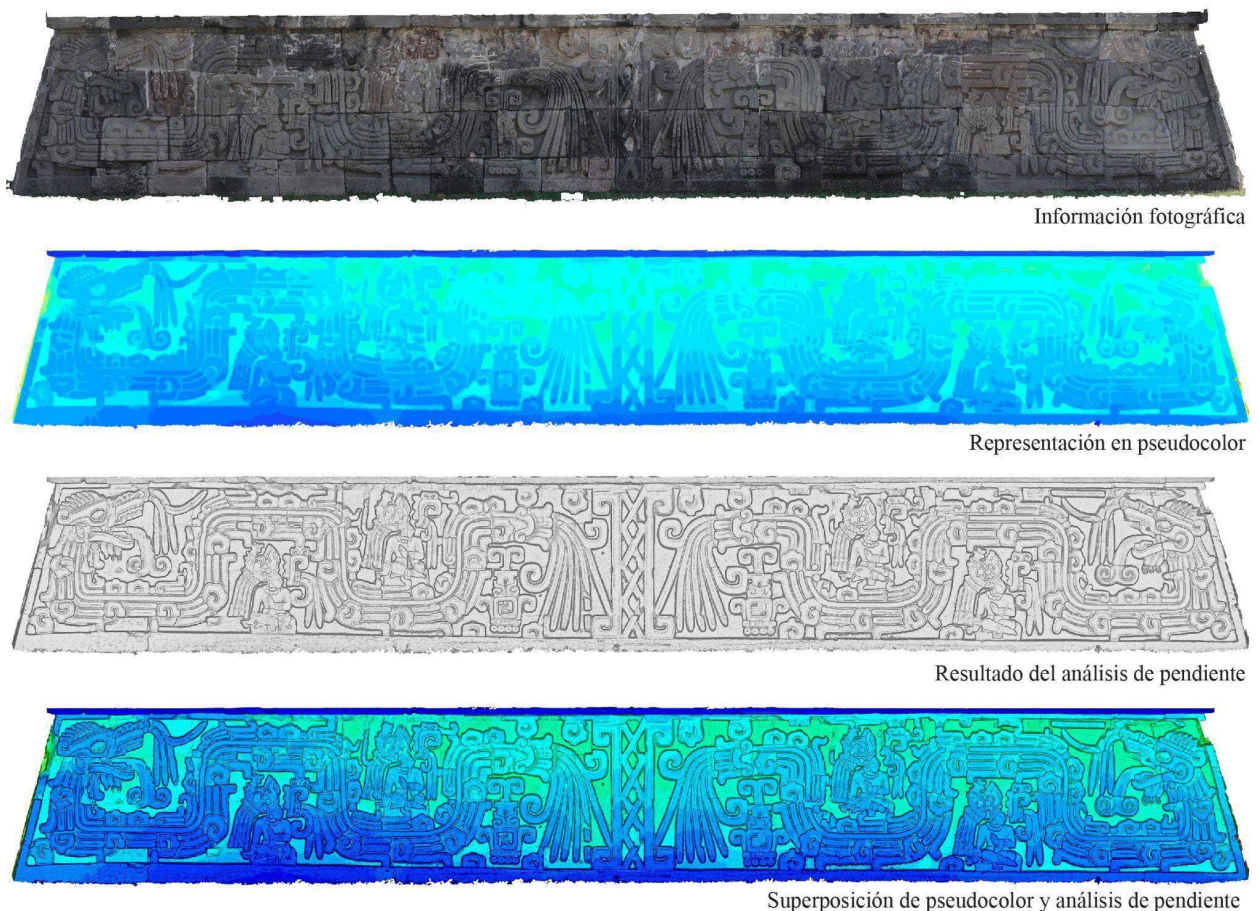
Nota: Se muestra la esquina norponiente del primer nivel de la fachada norte.

En la siguiente etapa, se adaptó una técnica comúnmente empleada en estudios de geomorfología de terrenos inclinados para identificar variaciones en el relieve de las fachadas. Se utilizó el programa QGIS, una herramienta gratuita y de código abierto para la gestión y análisis de datos espaciales.

Los MDE fueron procesados para transformar la escala de grises en una representación en pseudocolor, usando el entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este proceso consistió en asignar a los valores numéricos del gris colores específicos dentro de un espectro, con lo que se obtuvo una mejor visualización de las variaciones sutiles en el relieve. Después, se configuraron tanto la resolución como las unidades y se procedió a la aplicación del algoritmo de análisis de pendiente para calcular la inclinación de cada elemento. El resultado fue un nuevo archivo, en donde la altura está representada por la superposición de líneas muy delgadas. A continuación, se realizó el ajuste de la imagen gráfica, integrando los datos de pseudocolor con la intención de evidenciar las áreas de mayor y menor profundidad. En la figura 3, se aprecian los atributos de las capas de información.

Figura 3

Capas de información



Nota: Las imágenes corresponden al primer nivel de la fachada norte.

Finalmente, se exportó el archivo con una representación de 25 milímetros en cada píxel en formato *Tiff*. Todos los productos fueron preparados para su inclusión en el acervo del proyecto Mecate, facilitando su consulta y estudio por parte de investigadores y otros interesados en el área de conservación patrimonial.

3. RESULTADOS

A través del proceso descrito, se representaron las cuatro fachadas de la Pirámide de las Serpientes Emplumadas. Esta técnica permitió resaltar eficazmente las escenas de los bajorrelieves, enfocándose en los personajes y su profundidad. Al comparar los gráficos generados con las imágenes fotográficas, se observó una mejor visibilidad de los labrados, además de la incorporación de referencias de altura, como se observa en la figura 4. Esto se debe a la capacidad del MDE para diferenciar planos con mayor precisión que la fotografía tradicional, donde la uniformidad de color dificulta la percepción de detalles finos. Los resultados demuestran la utilidad de automatizar el reconocimiento de fachadas para crear modelos 3D fieles al aspecto original de los edificios, crucial en el análisis de estructuras históricas. Tsilimantou, et al. (2020) subrayan la importancia de las herramientas digitales en el estudio de elementos verticales de inmuebles patrimoniales, destacando su eficacia frente a métodos fotográficos convencionales.

Figura 4

Comparativo de la información gráfica



Nota: Se presenta del lado izquierdo una sección de la fachada con el resultado del análisis de pendiente superpuesto a la representación en pseudocolor. A su lado, información fotográfica de la misma zona.

En consecuencia, la aplicación de estas herramientas contribuyó a una documentación más completa, al aportar un recurso visual adicional para futuras investigaciones y restauraciones. Además, proporciona una base sólida para estudios comparativos y para la preservación patrimonial a largo plazo.

4. CONCLUSIONES

La metodología implementada en este trabajo, que combina fotogrametría, análisis de Modelos Digitales de Elevación y Sistemas de Información Geográfica, demostró ser una herramienta viable y altamente efectiva para detectar variaciones en la profundidad de los acabados arquitectónicos y evaluar su nivel de desgaste. Su capacidad para automatizar procesos, mejorar la precisión y añadir capas de información a la documentación de edificios históricos la convierte en una opción atractiva para otras iniciativas de conservación o estudio, dado que revela aspectos que la fotografía tradicional no logra capturar con igual claridad.

Sin embargo, existen retos, como el manejo de grandes volúmenes de datos, la necesidad de equipos especializados para la toma de medidas, el precio de los programas fotogramétricos y el empleo de una técnica adecuada para realizar las tomas fotográficas. A pesar de estos desafíos, la metodología tiene un gran potencial, ya que podría emplearse en el monitoreo periódico de edificios históricos, lo que facilitaría la detección temprana de daños y deformaciones. Además, la capacidad de transformar los MDE en diferentes representaciones visuales mejora la comprensión y el análisis de los detalles arquitectónicos. Finalmente, el uso de formatos accesibles para la preservación digital maximiza la funcionalidad y el acceso a los archivos, asegurando su utilidad en investigaciones futuras y proyectos de conservación a largo plazo, lo que destaca el valor de las réplicas digitales más allá de la apreciación visual.

REFERENCIAS

- Almagro Gorbea, A. (2019). Medio siglo documentando el patrimonio arquitectónico con fotogrametría. *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, (11), 4-30. <https://doi.org/10.4995/ege.2019.12863>
- Leija-Román, D. A., et. al. (2022). Fotogrametría como recurso de virtualización en la difusión y preservación digital de patrimonio tangible. *Revista General de Información y Documentación*, 32(2). <https://doi.org/10.5209/rigid.81373>
- Lodeiro Pérez, J. M., et. al. (2022). Aplicaciones de los Modelos Digitales de Elevación a la conservación del patrimonio. En *La Ciencia y el Arte VIII. Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. (pp. 183-198). Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Fernandez-2/publication/365959571_Aplicaciones_de_los_Modelos_Digitales_de_Elevacion_a_la_conservacion_del_patrimonio_Some_applicatios_of_Digital_Elevation_Models_to_Heritage_Conservation/links/638a05b9ca2e4b239c814007/Aplicaciones-de-los-Modelos-Digitales-de-Elevacion-a-la-conservacion-del-patrimonio-Some-applicatios-of-Digital-Elevation-Models-to-Heritage-Conservation.pdf
- Mediateca INAH (s. f.). *Zonas arqueológicas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Recuperado agosto 29, 2024, de http://mediateca.inah.gob.mx/islandora_74/islandora/object/inah%3AAsi-tioprehispanico
- Quintilla Castán, M. & Agustín Hernández, L. (2022). Metodología de captura y procesamiento para el desarrollo de una base de datos gráfica 3D del patrimonio arquitectónico. *Ge-conservación*, 21(1), 72-84. <https://doi.org/10.37558/gec.v21i1.1048>
- Tsilimantou, E., et. al. (2020). GIS and BIM as integrated digital environments for modeling and monitoring of historic buildings. *Applied Sciences*, 10(3), 1078. <https://doi.org/10.3390/app10031078>

Migración de sitios web de la plataforma Drupal 7 a Backdrop

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Wolf Iszaevich, G. E. (2024). Migración de sitios web de la plataforma Drupal 7 a Backdrop. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (16 - 21).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.69>

Gunnar Eyal Wolf Iszaevich

Instituto de Investigaciones Económicas
Universidad Nacional Autónoma de México

gwolf@iiec.unam.mx

ORCID: 0000-0001-6829-1906

Resumen

Se describe el proceso de migración de un sitio web universitario medianamente complejo, esto es, desde la versión 7 de la plataforma *Drupal* a la plataforma *Backdrop*. Se asegura así un camino para su mantenimiento en operación, dado que la versión de *Drupal* en cuestión dejará inminentemente de tener mantenimiento. Se presentan *playbooks* para ayudar al usuario a tener una transición sencilla.

Palabras clave:

Sistema de administración de contenido web, migración, *Drupal*, *Backdrop*.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LOS SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE CONTENIDO

Prácticamente, la totalidad de las dependencias universitarias tienen un espacio en web dedicado a difundir las actividades que realizan. Si bien éste podría consistir de una serie de páginas web escritas manualmente en HTML y mantenidas por un diseñador con medianos conocimientos técnicos (de hecho, así se hizo predominantemente hasta alrededor del año 2000), esto se convierte en un cuello de botella en el momento en que se decide contar con más de un responsable de información o seguir las mejores prácticas en el campo y separar la tarea de diseño gráfico del sitio, su estructura técnica y el mantenimiento de la información en el día a día.

Hacia fines de los años 90, aparecieron los primeros *Sistemas de Administración de Contenido* (*Content Management System*, CMS por sus siglas en inglés). Uno de los primeros sistemas que se adoptó ampliamente en la UNAM fue *PHP Nuke*, que presentaba una estructura principal que todavía puede identificarse en sitios de publicaciones noticiosas e incluso en la mayor parte de las redes sociales: en la página principal, se presentan las últimas n publicaciones bajo un formato reducido y, al seleccionar el título de cualquiera de ellas, se lleva al artículo completo.

Esta estructura resultó adecuada para distintos grupos de trabajo y fue parcialmente responsable del surgimiento de las páginas tipo *blog* (de *web log*, *bitácora en web*). Sin embargo, para los sitios web institucionales de las diversas dependencias universitarias, fue necesario esperar a la aparición de nuevos sistemas que permitieran una mayor libertad de diseño para reflejar la estructura de la información.

Hacia 2005, habían aparecido ya numerosos otros sistemas CMS (Mooney, 2008), muchos de los cuales permanecen en uso hasta el día de hoy. Algunos de los más relevantes actualmente en las páginas de la UNAM son *Wordpress*, *Mambo* (renombrado a *Joomla*), y *Drupal* (Martínez-Caro, et al., 2018), aunque indudablemente hay una gran variedad de sistemas más allá de los aquí mencionados.

1.2 EL CMS DRUPAL

En el Instituto de Investigaciones Económicas (IIEc), se realizó la migración de un sitio basado en páginas estáticas a uno basado en *Drupal* en 2008. *Drupal* es un CMS desarrollado como software libre originalmente creado en los Países Bajos, aunque, hoy en día, cuenta con la participación de desarrolladores de todo el mundo. Según estimaciones del proyecto, aproximadamente el 2% de los sitios web del mundo están basados en *Drupal* (Melancon, et al., 2010).

El modelo de desarrollo de *Drupal* separa periódicamente la *rama de desarrollo* de la *rama estable*. Esto es, cuando el IIEc adoptó *Drupal*, se instaló un sistema basado en *Drupal* 6. El proyecto *Drupal* mantuvo siempre un mínimo de cambios entre *versiones menores* del proyecto (p.ej. 6.5, 6.6, 6.7, etc.), pero, para poder probar cambios más centrales que trajeran dinamismo al proyecto, las *versiones mayores* (como lo fue el cambio de 6.x a 7.x) requirieron una cuidadosa migración de datos.

La versión 7 de *Drupal* fue liberada en enero de 2011 y, para 2012, se presentó una nueva versión del sitio web del IIEc aprovechando esta nueva versión. En 2015, la Facultad de Ingeniería inició el proyecto PAPIME PE104415, el cual fomentaba la adopción de *Drupal* en nuestra universidad, incluyendo la celebración del congreso internacional *Drupal Camp* con decenas de desarrolladores de *Drupal* en la Torre de Ingeniería.

Drupal goza de una amplia adopción en universidades, bibliotecas, museos y demás instituciones con características similares, ofreciendo módulos específicos para una gran cantidad de procesos y tipos de contenido típicos en ellas (Tramullas, 2013).

La política de mantenimiento de *Drupal* era, en esa época, proveer actualizaciones para la rama estable *actual y anterior*, con lo que, para cuando se celebró el *Drupal Camp*, se publicaban correcciones (“*parches*”) para los defectos (“*bugs*”) que se encontraban en las versiones 6 y 7.

1.3 DRUPAL MÁS ALLÁ DE LA VERSIÓN 8

Hacia fines de 2015, *Drupal* presentó la versión 8 de su CMS. Sin embargo, a diferencia de lo ocurrido en las versiones anteriores, la migración de sitios a la nueva versión no fue tersa ni ágil: la arquitectura central del sistema cambió radicalmente y muchos administradores de sitios web se vieron forzados, por la complejidad que esto significaba, a posponer la actualización de los sistemas *Drupal 7* tanto como fuera posible. A fin de cuentas, la tradición de mantenimiento de *Drupal* marcaba que seguiría habiendo soporte por un par de años para la versión 7.

La distancia con las versiones nuevas de *Drupal* fue creciendo y se fue haciendo claro que habría muchos usuarios que no migrarían en el tiempo esperado. El plan original del proyecto *Drupal* era finalizar el soporte a la versión 7 al liberarse la versión 9 en noviembre de 2021 (6 años después de la liberación de la versión 8). Los desarrolladores decidieron demorar la finalización en atención a la dificultad del trabajo de los equipos de administración de sitios web durante la pandemia. En junio de 2023, el equipo de desarrollo de *Drupal* anunció que la fecha definitiva de fin de soporte para la versión 7 sería el 5 de enero de 2025. Esto reactivó, indudablemente, los planes de migración de miles de usuarios en el mundo, el IIEc incluido.

1.4 BACKDROP

En 2013, mientras *Drupal 8* aún estaba en proceso de desarrollo, un grupo de desarrolladores de *Drupal* se mostró inconforme con la nueva dirección que estaba tomando el proyecto, viendo que obligaría al proyecto a alejarse de parte importante de sus usuarios, e inició un proyecto *paralelo* de desarrollo, creando una bifurcación (*fork*) del proyecto, para adoptar nuevas prácticas y características de la web moderna, pero no abandonar la relativa simplicidad del modelo de datos de *Drupal 7*. Este nuevo proyecto tomó el nombre *Backdrop*.

La comunidad de usuarios y desarrolladores *Backdrop* es indudablemente más pequeña que la de *Drupal*, pero, para una gran cantidad de sitios, ofrece una alternativa ante el fin de vida de dicha versión, una atractiva opción para mantener un sistema actualizado y con mantenimiento sin tener que rediseñar por completo sus sitios.

1.5 OBJETIVO

Desarrollar un mecanismo sencillo y predecible para la migración de sitios *Drupal 7* a *Backdrop*, que pueda ser replicado sobre otros sitios web del Instituto y de la Universidad.

2. METODOLOGÍA: DESARROLLO TÉCNICO DE LA MIGRACIÓN

Si bien, desde el nacimiento del proyecto, *Backdrop* se planteó para facilitar la migración de sitios desarrollados bajo *Drupal*, el proceso siempre requirió de un alto grado de involucramiento manual (Tomlinson, 2015) y, para muchos administradores, esto ha demorado el prospecto de migrar sitios con cientos o miles de páginas existentes. En el caso del Instituto de Investigaciones Económicas, sólo la cercanía del fin de mantenimiento de *Drupal 7* fue suficiente catalizador para dar el paso hacia la migración.

Cabe mencionar que, si bien el presente reporte ayuda a lograr una migración sencilla, se recomienda la consulta del libro de Tomlinson, mencionado en el párrafo anterior. Este libro está disponible de forma gratuita por parte de su editorial (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4842-1760-3>).

2.1 MÓDULO *D2B MIGRATE*

En noviembre de 2023, el desarrollador conocido como *docwilmot* dió a conocer la primera versión pública del módulo de automatización *D2B Migrate* (https://backdropcms.org/project/d2b_migrate). Este módulo automatiza la mayor parte de tareas de migración del contenido, los usuarios e incluso parte importante de la estructura, facilitando así en gran medida la creación de un nuevo sitio basado en uno preexistente.

A la fecha en que este texto se escribe, *D2B Migrate* está aún en su versión *0.8.0-alpha4*, lo cual indica que los autores aún no consideran su desarrollo como finalizado para su uso general, pero la calidad de sus resultados y la cercanía de la fecha de fin de vida para la versión 7 de *Drupal* presentan la urgencia de encontrar herramientas para la actualización.

D2B Migrate resume las tareas de actualización en 4 pasos:

1. Crear un nuevo sitio *Backdrop* vacío
2. Instalar tanto el módulo *D2B Migrate* como el *Backup and Migrate*, de ámbito más genérico
3. Habilitar ambos módulos
4. Seleccionar el botón "Configurar" para dar inicio a la migración.

Con esto, *D2B Migrate* solicita los datos para la conexión al sistema *Drupal 7* a convertir, copia todas las páginas web y las principales configuraciones, incluyendo el acomodo (*layout*) global del sitio y las vistas generadas.

Es importante destacar que, si bien la importación que realiza este módulo es bastante completa, no puede cubrir la funcionalidad de los módulos específicos empleados por cada sitio (más allá de la funcionalidad núcleo ofrecida por *Drupal*). Dado que siempre se presentó la extensibilidad como una característica importante de *Drupal*, es probable que los distintos sitios a migrar requieran trabajo adicional, ya sea para realizar la adecuación de los módulos mismos (programación en PHP), o para reimplementar la funcionalidad de éstos mediante *vistas* y *tarjetas*.

Cabe mencionar que algunos de los principales módulos de *Drupal* han sido ya convertidos y publicados para *Backdrop*.

2.2 PLAYBOOK ANSIBLE PARA LA MIGRACIÓN

El Instituto de Investigaciones Económicas tiene varios sitios desarrollados sobre *Drupal 7*. Pensando en aprovechar la automatización para reducir tareas repetitivas y en la gran cantidad de sitios aún existentes basados en dicha plataforma, se desarrolló un *playbook Ansible*. Este *playbook* está disponible para su descarga desde:

https://github.com/gwolf/d2b_ansible/

Ansible es un sistema de administración de configuraciones que busca facilitar la automatización de tareas, integrándose al flujo natural de trabajo de los administradores en sistemas tipo Unix (Geerling 2020; Fadhil 2020).

Un *playbook* de Ansible es la descripción, con bloques descritos como pasos en un archivo en el lenguaje de marcado *YAML* y basado en los módulos desarrollados para la plataforma ya mencionada. Son los pasos necesarios para configurar a un servidor con el fin de llegar a un estado predefinido (Masek et al. 2018) — en este caso, el *playbook* desarrollado:

Crea una base de datos para el sitio destino en un servidor *MySQL* ya existente, así como un usuario para controlar a dicha base.

1. Genera un respaldo de la base de datos del sistema *Drupal 7*
2. Respalda los archivos externos a la base de datos del sistema *Drupal 7*
3. Instala y configura al servidor web *nginx*
4. Descarga *Backdrop* e instala en el directorio especificado del servidor destino
5. Descarga e instala la herramienta de línea de comando *Bee* para la administración local de *Backdrop*
 - Descarga y activa la traducción de *Backdrop* al español
 - Instala y activa el módulo *D2B Migrate*
6. Habilita el editor *CKEditor 5*, facilitando a los usuarios el manejo de contenido con formatos de texto
7. Mediante un programa de *Perl*, emplea la biblioteca *WWW::Mechanize*, sigue los pasos para la importación del respaldo del sitio *Drupal 7* en el nuevo sitio *Backdrop*
8. Corrige valores de configuración que han cambiado como consecuencia del cambio de plataforma
9. Elige el tema gráfico "*Basis*" de *Backdrop* para asegurar el funcionamiento del nuevo sitio
10. Tras ejecutar el *playbook*, el contenido del sitio *Drupal 7* estará transferido y activo en el nuevo sitio, listo para darle los *toques finales* que culminen con la migración y adecuación a gusto de los usuarios.

3. RESULTADOS

El procedimiento delineado en este reporte permitió la migración completa de un sitio de mediana complejidad, con más de 10 años de trabajo, que presentaba ya problemas por conflictos con las últimas versiones de *Drupal 7*.

La calendarización de actividades del Instituto programa para los próximos meses de este año desplegar este mismo procedimiento a otros sitios basados en *Drupal 7*. Sin duda, se ha identificado como uno de los puntos claves la identificación y sustitución de contenido que depende de módulos que no están disponibles para *Backdrop*, por lo que esta migración tiene que realizarse cuidadosamente y detallando el proceso sitio por sitio, pero con confianza en las ventajas de la metodología descrita en el presente texto.

Es difícil aventurar el nivel de trabajo requerido tras la etapa de migración para diferentes sitios; en líneas generales, si los sitios no incluyen módulos adicionales al núcleo de *Drupal*, tanto la funcionalidad como la información deben quedar disponibles sin ningún paso adicional. Los administradores tendrán, eso sí, que verificar el funcionamiento y acomodo de los temas que elijan, dado que su estructura es uno de los puntos en que más se ha diferenciado *Backdrop* de *Drupal*; se tomó la decisión de elegir el tema por omisión de *Backdrop* en el último punto del *playbook* de *Ansible* detallado en la subsección 2.2 para tener la certeza de que el sitio migrado sea utilizable tras la migración; un tema sin soporte podría llevar a que el sistema no fuera siquiera visualizable.

Como resultado positivo adicional, puede observarse que, si bien la tecnología base de *Drupal 7* y *Backdrop* es la misma, los sitios en cuestión se beneficiarán de temas modernizados, con mejor salida para dispositivos de todo formato.

El *playbook Ansible*, presentado como material suplementario a este texto, puede resultar de gran utilidad para los muchos sitios de la UNAM aún pendientes de migrar. Al realizarse la migración sobre un respaldo y de forma *no destructiva*, los administradores tendrán la certeza de no interferir con el funcionamiento de un sistema en producción con usuarios reales hasta el momento de estar listos para realizar el cambio en DNS.

REFERENCIAS

- Fadhil, S. (2020). Automated ICT system health monitoring using Grafana. [Tesis de maestría]. JAMK University of Applied Sciences. Recuperado de: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/348544/Thesis_Fadhil_Sharif.pdf;jsessionid=E81D1F2D397F2FBE88399DA6C207F28C?sequence=2
- Geerling J. (2020). *Ansible for DevOps. Server and configuration management for humans*. Leanpub.
- Martínez-Caro, J. M., et al. (2018). A comparative study of web content management systems. *Information*, 9(2), 27. <https://www.doi.org/10.3390/info9020027>.
- Masek, P., et al. (2018, May). Unleashing full potential of ansible framework: University labs administration. In *2018 22nd conference of open innovations association (FRUCT)* (pp. 144-150). IEEE.
- Melancon, B. et al. (2010). *The Definitive Guide to Drupal 7*. Apress.
- Mooney, S. D., & Baenziger, P. H. (2008). Extensible open source content management systems and frameworks: a solution for many needs of a bioinformatics group. *Briefings in bioinformatics*, 9(1), 69-74.
- Tomlinson, T. (2015). *Migrating from Drupal to Backdrop*. Apress.
- Tramullas, J. (2013). Gestión de contenidos con Drupal: revisión de módulos específicos para bibliotecas, archivos y museos. *Profesional de la información*, 22(5), 425-431. <https://www.doi.org/10.3145/epi.2013.sep.07>.

Despliegue de IPv6 en la Facultad de Estudios Superiores Aragón

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Jiménez Ramírez, L. (2024). Despliegue de IPv6 en la Facultad de Estudios Superiores Aragón. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (22 - 31).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.82>

Lourdes Jiménez Ramírez

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

lourdes.jimenez@unam.mx

ORCID: 0009-0007-6431-1851

Resumen

El primer caso de éxito de implementación del protocolo IPv6 en una dependencia de la Universidad Nacional Autónoma de México, que se encuentra fuera de Ciudad Universitaria, fue en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, en la cual, en octubre de 2023, se tuvo una colaboración con los responsables de red para la habilitación de IPv6 hasta sus equipos finales.

En 2021, la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación coordinó el proyecto de implementación del enrutamiento de IPv6 a nivel WAN, utilizando el mecanismo de transición *Dual Stack*. De esta manera, se logró su despliegue en el 100% de los enlaces dedicados de Internet, Red Privada Virtual y punto a punto, que conforman la RedUNAM.

Esta primera etapa de la implementación significó un gran avance en el despliegue, ya que se validó que toda la infraestructura que soporta la red a nivel WAN permite el enrutamiento tanto de IPv4 como de IPv6, además del establecimiento de la comunicación hacia los proveedores de Internet. La siguiente etapa es el despliegue a nivel red local (LAN) en las dependencias que se encuentran fuera de Ciudad Universitaria, con el fin de que IPv6 sea utilizado hasta los equipos finales y servicios que actualmente sólo trabajan con IPv4.

Palabras clave:

IPv6, protocolos de ruteo, *Dual Stack*, OSPFv3, BGP-4.

1. INTRODUCCIÓN

Por más de 25 años, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha basado el funcionamiento de su red en el protocolo IP (Protocolo de Internet) versión 4, haciendo la asignación de bloques de direccionamiento a cada una de sus entidades y dependencias conectadas a lo que conocemos como RedUNAM.

Con el crecimiento exponencial de la conectividad por parte de alumnos, profesores, investigadores y trabajadores, en los últimos años, se llegó a un escenario de agotamiento del direccionamiento IPv4 asignable. Por este motivo, surge la necesidad del despliegue de la siguiente versión del protocolo IP: IP versión 6 (IPv6).

IPv6 tiene como objetivo ampliar el espacio de direcciones disponibles en Internet y permitir su crecimiento. Con IPv4, se tenían alrededor de 4,300 millones de direcciones, con IPv6, aproximadamente 340 sextillones. La motivación de las organizaciones en hacer una transición gradual se deriva de la escasez de direcciones IPv4, que ya es inminente en todo el mundo.

IPv6 cuenta con mejoras inherentes desde su liberación, añadiendo nuevas funcionalidades como la autoconfiguración y seguridad (IPsec), por lo que se considera que es adaptable a cualquier escenario de conectividad al ser una tecnología lo suficientemente madura para soportar la operación de Internet (Hagen, 2023).

En primera instancia, el despliegue se limitó a las entidades que se encuentran en Ciudad Universitaria. Sin embargo, el alcance se amplió para abarcar a las entidades que se encuentran distribuidas en la Ciudad de México, Zona Metropolitana y a lo largo de la República Mexicana.

El proyecto constó de dos fases: la primera consistió en la configuración de enrutamiento dinámico en más de 200 enlaces y 180 equipos de red (*routers*) mediante el mecanismo de transición *Dual Stack*, que permite la convivencia de IPv6 e IPv4 simultáneamente. En la segunda fase, se planteó la configuración de los *routers* administrados por el NOC para establecer la conexión hacia las redes locales (redes LAN), así como el asesoramiento de los responsables de red para la configuración de sus equipos locales.

El primer caso de éxito fue la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón), donde, gracias a la iniciativa de los responsables de red de la facultad, se llevaron a cabo las acciones que se detallan en este reporte para el despliegue exitoso de IPv6 hasta sus equipos finales, como lo son puntos de acceso de red inalámbrica y computadoras personales.

El objetivo de este reporte es describir las acciones realizadas en la Facultad de Estudios Superiores Aragón, de modo que pueda servir de base para otras entidades universitarias.

2. DESARROLLO TÉCNICO

El despliegue de IPv6 en la UNAM se ha realizado a través del mecanismo de transición *Dual Stack*. Algunos beneficios de utilizar este mecanismo son:

- Los *routers* y los enlaces contratados en la UNAM soportan desde hace tiempo tanto IPv4 como IPv6 trabajando simultáneamente.
- No se requieren de equipos adicionales o infraestructura especial para su funcionamiento.
- Las dependencias universitarias ya cuentan con direccionamiento IPv4, por lo que sólo fue necesario asignarle un segmento de IPv6 por parte del Centro de Información de la Red (NIC UNAM¹).

La UNAM cuenta con un prefijo /32 global segmentado en prefijos /48 para distribuir en las entidades y dependencias universitarias. La asignación del direccionamiento responde a las especificaciones elaboradas por el Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet (*Internet Engineering Task Force* o IETF por sus siglas en inglés) (IPv6-NIC MX, 2024).

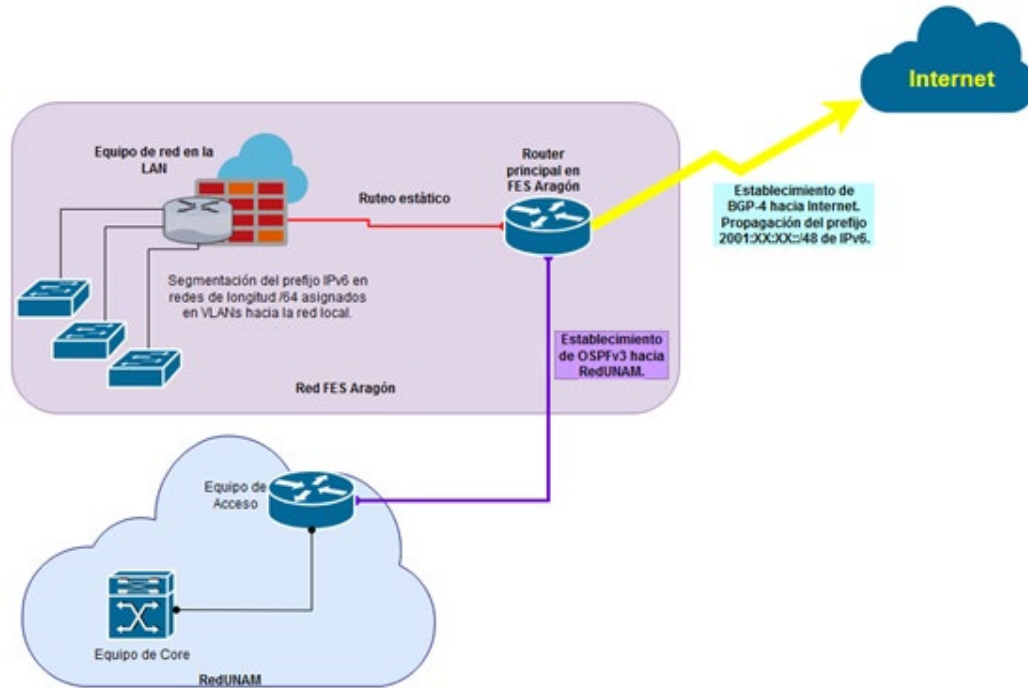
Configuración de enrutamiento IPv6

En los equipos de red (*routers* de frontera) administrados por el NOC de RedUNAM, se mantuvo el esquema de IPv4, utilizando protocolos de estándares abiertos y compatibles con diferentes fabricantes. El IGP (Protocolo de Borde Interior) implementado es OSPFv3, ya que puede manejar tanto los anuncios de redes del protocolo IPv4 como del IPv6, tiene gran capacidad de convergencia (tiempos rápidos), maneja máscaras de red de longitudes variables y la jerarquización de la comunicación (divide la red en diferentes áreas de manera jerárquica). Como EGP (Protocolo de Borde Exterior), se utilizó BGP-4 para el establecimiento de conexiones hacia los proveedores de servicios de Internet (*peers* o vecinos) y el anuncio de los prefijos de la red LAN. En la figura 1 se muestra a grandes rasgos el esquema implementado en la FES Aragón.

1 El NIC UNAM es el área responsable de gestionar el direccionamiento y nombres de dominio que se asigna a las entidades y dependencias de la UNAM.

Figura 1

Diagrama de conexión para IPv6 de la FES Aragón



Establecimiento de la sesión de BGP-4

Para que una red en IPv6 pueda ser alcanzada desde cualquier punto de Internet, debe tener un prefijo de direcciones públicas conocidas como globales. Esto es posible utilizando una conexión hacia algún proveedor de servicio y el protocolo BGP, el cual se encarga de compartir la red que se quiere propagar hacia otros proveedores nacionales que, a su vez, darán a conocer el direccionamiento hacia sus proveedores internacionales.

Figura 2

Validación de propagación de la red LAN /48 de IPv6

LOOKING GLASS

Se puede validar que un prefijo es alcanzable desde Internet por medio de un servidor público de rutas, como se puede observar en la figura 2.

Configuración de los equipos internos de la FES Aragón

Para la interconexión entre equipos de red, se asignó una dirección IPv6 de un segmento /126, equivalente a una /30 en IPv4. De este segmento, se asignó una IP para el *router* administrado por el NOC y otra para el equipo Core de la FES. La configuración del equipo Core fue realizada por los responsables de red de la FES.

La comunicación entre el equipo de Core y el *router* principal se hizo mediante enrutamiento estático en IPv4 y se configuró de igual manera para IPv6. El equipo de seguridad perimetral se configuró para que realizara la distribución del direccionamiento de IPv6 utilizando el mecanismo *Dual Stack* y la segmentación del prefijo /48 en redes de longitud /64, con el objetivo de aprovechar la funcionalidad de SLAAC (*Stateless Address AutoConfiguration* por sus siglas en inglés), que permite la autoconfiguración dinámica del direccionamiento IPv6 en los dispositivos conectados a esa red, sin necesidad de contar con un servidor DHCPv6 o de hacer la configuración de manera manual en cada uno. Los dispositivos que se conecten a la red obtendrán una dirección *unicast* global (GUA) /128 automáticamente. Si bien esta solución es válida y simple, también se recomienda la implementación de DHCPv6 para un mejor control del direccionamiento asignado (Swier, 2023).

En una primera fase de pruebas, se implementó el servicio en las antenas que les brindan conectividad vía inalámbrica y en el área de laboratorios de cómputo; previamente se realizó la segmentación del direccionamiento en sus diferentes departamentos y áreas para su distribución mediante VLANs.

2.1 METODOLOGÍA

Para el despliegue de IPv6, se plantearon dos fases, adoptando un enfoque orientado a seguir las recomendaciones de mejores prácticas para el despliegue de proyectos (PMI) y la gestión de servicios de TI (ITIL). Este enfoque permite estructurar de mejor manera los proyectos y alinearlos a los objetivos de la DGTIC.

Fase 1: Configuración de los *routers* y enlaces que soportan la conectividad de las sedes foráneas hacia Internet y RedUNAM. Esta etapa fue culminada satisfactoriamente en el año 2021.

Fase 2. Configuración de las conexiones hacia los equipos de red LAN y asesoramiento a los responsables de TI para el diseño de red y configuración de la infraestructura interna. Inició en la FES Aragón en octubre del 2023 y continúa en desarrollo.

Ambas fases están orientadas en seguir las etapas básicas de la gestión de proyectos:

1. Inicio
2. Planificación
3. Ejecución
4. Seguimiento
5. Cierre

Inicio

En esta etapa se planteó la necesidad de desplegar IPv6 a nivel WAN en la infraestructura que conecta las sedes foráneas de la universidad para poder afrontar el agotamiento del direccionamiento de IPv4.

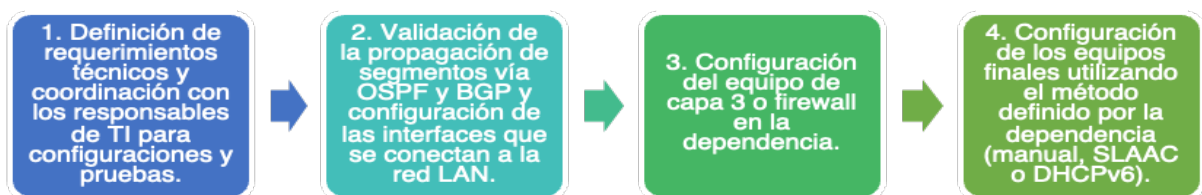
Planificación y Ejecución

La planificación se definió siguiendo un flujo de trabajo con el objetivo de configurar los equipos de red local para proporcionar acceso a Internet y RedUNAM de manera nativa en los equipos finales, utilizando el mecanismo de transición *Dual Stack*.

La configuración se realizó como se muestra en la figura 3:

Figura 3

Flujo de actividades para el despliegue de IPv6 en redes LAN



1. Definición de requerimientos técnicos y coordinación con los responsables de TI para configuraciones y pruebas: la configuración del *router* administrado por el NOC fue transparente para los usuarios finales, sin embargo, se definió una fecha y horario para las pruebas como medida preventiva en caso de incidentes.
2. Validación de la propagación de segmentos vía OSPFv3 y BGP-4 y configuración de las interfaces que se conectan a la red LAN: la configuración de los protocolos de ruteo fue implementada en todos los *routers* de RedUNAM en la primera etapa del proyecto de despliegue de IPv6.
3. Configuración del equipo de capa 3 (*router o switch*) o *firewall*: este paso es necesario para las entidades que cuentan con algún equipo intermedio que requiera de su configuración.
4. Configuración de los equipos finales utilizando el método definido por la dependencia (manual, SLAAC o DHCPv6): la FES utilizó el método SLAAC, segmentando su direccionamiento asignado en prefijos /64 para configurarlos en las *VLANs* que conectan a sus diferentes áreas.

La comunicación de los *routers* de frontera hacia la red interna dependerá del diseño de cada entidad, ya que se manejan diferentes equipos y políticas que hacen que la administración pueda ser compleja si no se conocen a detalle su distribución y funcionamiento. Por este motivo, siempre es necesario un acompañamiento hacia los administradores de red para que la colaboración permita el despliegue exitoso del protocolo.

Seguimiento

Durante la ejecución del proyecto de despliegue, se llevó un control de las actividades planteadas a fin de validar que los objetivos se cumplieran al 100%. En la segunda etapa, con los resultados obtenidos en FES Aragón, es posible diseñar un plan de despliegue masivo para redes LAN.

Cierre

Al lograr que los equipos de la red local se comunicaran por medio de IPv6 satisfactoriamente, se obtuvieron evidencias y se documentó el procedimiento para referencia en las próximas implementaciones.

2.2 RESULTADOS

El funcionamiento del enrutamiento de IPv6 hacia RedUNAM e Internet se validó por medio de pruebas de conexión desde una computadora conectada a la red local de la FES. Como se observa en la figura 4, una de las pruebas que realizaron los responsables fue verificar la comunicación hasta los servidores de DNS de la UNAM por medio del comando *tracert -6*.

Figura 4

Prueba de trazado hacia los DNS de la UNAM desde la FES Aragón

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\>tracert -6 2001:

Traza a la dirección dns2.unam.mx [2001: ]
sobre un máximo de 30 saltos:

 1  12 ms  14 ms  <1 ms  2001
 2  <1 ms  <1 ms  <1 ms  2001
 3  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 4  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 5  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 6  1 ms   1 ms   1 ms   dns2.unam.mx [2001 ]

Traza completa.

C:\>tracert -6 2001

Traza a la dirección dns1.unam.mx [2001: ]
sobre un máximo de 30 saltos:

 1  <1 ms  <1 ms  <1 ms  2001
 2  <1 ms  <1 ms  <1 ms  2001
 3  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 4  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 5  1 ms   1 ms   1 ms   2001
 6  1 ms   1 ms   1 ms   dns1.unam.mx [2001 ]

Traza completa.

C:\>
```

Otras de las pruebas realizadas fue la navegación web las cuales se pueden observar en la figura 5 y 6.

Figura 5

Validación del funcionamiento de IPv6 en una aplicación en Internet

Prueba tu IPv6. x +

test-ipv6.com/index.html.es_ES

Prueba IPv6 FAQ Mirrors

Probar tu conectividad IPv6.

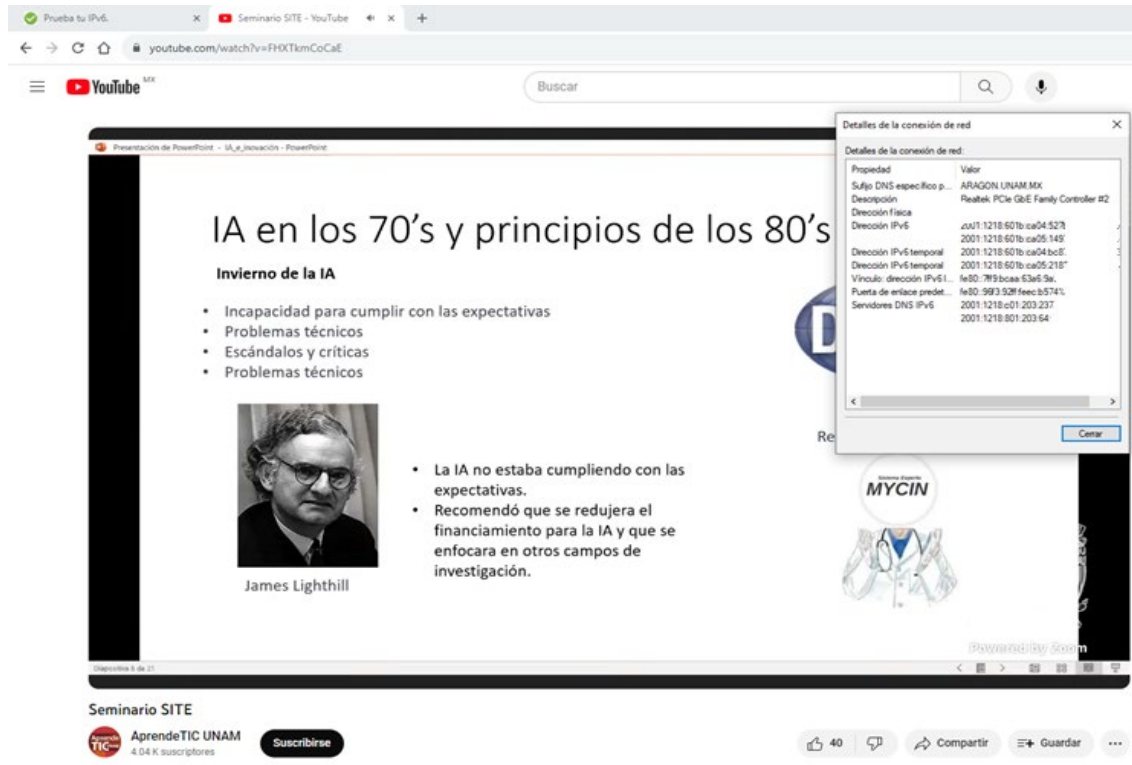
Sumario Pruebas ejecutadas Compartir Resultados / Contactar Otros Sitios IPv6

- ¡ Su dirección IPv6 en la Internet parece ser 2001.
- ¡ Su Proveedor de Internet (ISP) parece ser Universidad Nacional Autónoma de México
- ¡ Puesto que tienes IPv6, estamos incluyendo una ficha que muestra otros sitios IPv6 y cuán bien puede alcanzarnos. [\[más información\]](#)
- ¡ Sin dirección IPv4 detectada
- ¡ Pareces ser capaz de navegar por la Internet IPv6 solamente. No tienes acceso a IPv4. ¡Eso es bastante atrevido!
- ✓ Tu servidor DNS (posiblemente controlado por tu ISP) parece tener acceso a Internet IPv6.

Tu puntuación de preparación
10/10 para su estabilidad y preparación de IPv6, cuando editores estén obligados a usar sólo IPv6

Figura 6

Prueba de visualización de videos en Youtube



Se realizó un análisis por medio de la página test-ipv6.com, que despliega información acerca del dispositivo que originó la petición.

3. CONCLUSIONES

La FES Aragón es la primera entidad de la UNAM, que se encuentra fuera del campus de Ciudad Universitaria, en desplegar IPv6 hasta sus equipos finales. Las actividades se realizaron sin causar interrupciones en los servicios, lo cual indica que se pueden replicar en otras dependencias que tengan la iniciativa de implementar IPv6.

Este proyecto sentó un precedente para que cada vez más entidades y dependencias universitarias se vayan sumando a la utilización de IPv6, logrando así que la UNAM sea un referente de su utilización a nivel mundial. En un futuro próximo, se espera que todas las comunicaciones se lleven mediante este protocolo, por lo que la transición es importante para permitir el desarrollo y expansión de las redes sin tener que limitarse al uso de IPv4, además de posibilitar la colaboración internacional y la interoperabilidad con otras universidades y centros de investigación que ya utilizan IPv6 (Alves de Godoy, 2024).

Los responsables de la FES Aragón seguirán adecuando sus sistemas para poder brindar en IPv6, los servicios que actualmente sólo responden a comunicaciones en IPv4.

3.1. LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES

En un primer intento por implementar IPv6, en la FES se detectó que uno de los equipos no contaba con el licenciamiento necesario para habilitar la funcionalidad de IPv6. Gracias a la gestión de los responsables, se obtuvo y se habilitó la licencia requerida.

Los responsables de red realizaron su plan de direccionamiento previo al despliegue, lo cual facilitó la asignación hacia sus áreas internas.

Es importante que los responsables del despliegue tengan una capacitación práctica en el tema, con el fin de que tengan los conocimientos para el diseño de sus redes internas.

Si la entidad o dependencia cuenta con un equipo de capa 3 administrado por ellos, es necesario que conozcan su configuración y que cuenten con los accesos para realizar los cambios definidos.

AGRADECIMIENTOS

Al Mtro. Hugo Rivera Martínez, jefe del Centro de Monitoreo de la Red (NOC UNAM), por su apoyo e impulso a los proyectos que se plantean en el área. A mis compañeros: Erika, Esteban, Marcial y Carlos, por colaborar en la primera fase del proyecto como implementadores de la configuración. Agradecimiento especial al Ing. Manuel Arellano y al Ing. Carlos Lira, responsables de la administración de la red en la FES, por su iniciativa y colaboración en el despliegue de IPv6.

REFERENCIAS

- Alves de Godoy, H. (2024). IPv6 y su importancia para la investigación y el desarrollo (I+D). Recuperado de <https://blog.lacnic.net/ipv6-y-su-importancia-para-la-investigacion-y-el-desarrollo-id/>
- Blog IPv6-NIC México. (s.f.). Fundamentos de IPv6. Recuperado de <https://www.ipv6.mx/index.php/informacion/fundamentos/ipv6>
- Hagen, S. (2023). Una red solo IPv6: La forma más sencilla y segura de operar una red. LACNIC Blog. Recuperado de <https://blog.lacnic.net/una-red-solo-ipv6-la-forma-mas-sencilla-y-segura-de-operar-una-red/>
- Swier, D. (2023). Arquitectura IPv6 y subnetting: UNAM guía para ingenieros y operadores de red. Recuperado de <https://blog.lacnic.net/arquitectura-ipv6-y-subnetting-una-guia-para-ingenieros-y-operadores-de-redes/>

Implementación de un chatbot de soporte en la plataforma Aulas Virtuales

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

López de Jesús, A. (2024). Implementación de un chatbot de soporte en la plataforma Aulas Virtuales. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (32 - 40).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.83>

Alan López de Jesús

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

alan.lopez@educatic.unam.mx

ORCID: 0009-0008-1226-9775

Resumen

Como parte de la gestión de la plataforma Aulas Virtuales, se implementó el uso de un *chatbot* para la atención de solicitudes relacionadas con el funcionamiento y uso de las herramientas de comunicación a las que tienen acceso los profesores y estudiantes universitarios. Utilizando datos obtenidos de las solicitudes recibidas en la mesa de ayuda y la plataforma de creación de interfaces de comunicación *Dialogflow*, se generó *Aulasbot*, herramienta de automatización que permite al usuario final tener una respuesta inmediata sobre la problemática que requiere resolver. La implementación de *Aulasbot* permitió una atención más eficiente a la comunidad universitaria, potenciando el uso adecuado de herramientas tecnológicas.

Palabras clave:

Chatbots, *bots* conversacionales, educación, inteligencia artificial, automatización.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la pandemia, la plataforma de Aulas Virtuales se convirtió en una alternativa para los profesores, quienes “requieren del despliegue de habilidades de interacción que no únicamente aplican en un formato presencial, sino en cualquier espacio en que docente y alumno tengan un encuentro” (Mendoza, 2020). Con el uso masivo de herramientas como Zoom y Moodle, el número de solicitudes de ayuda también aumentó, lo que demandó una atención más rápida para mantener el flujo de trabajo de la comunidad universitaria. Esta demanda incrementó la carga de trabajo sobre el personal de soporte de la plataforma de Aulas Virtuales, que se vio incapaz de atender eficientemente todas las solicitudes relacionadas con la gestión de cuentas, renovación de licencias y recuperación de contraseñas.

Debido a esa alta demanda, se buscó la forma de automatizar las respuestas de la mesa de ayuda, que hasta ese momento sólo se realizaba a través de correo electrónico. Diversos estudios han mostrado que la automatización de procesos de soporte técnico puede mejorar la eficiencia y reducir la carga de trabajo, ayudando a simplificar el trabajo con las solicitudes entrantes y a evitar tareas innecesarias que consumen tiempo productivo (Pandey et al., 2023). Por ello, se propuso la implementación de un *chatbot*.

El uso de *chatbots* en el ámbito educativo ha tenido diversas aplicaciones que atienden diferentes necesidades de los usuarios: “hay *bots* que pueden actuar como asistentes virtuales para mejorar la productividad o para resolver preguntas frecuentes, pero también los hay con intencionalidad específicamente educativa que pueden actuar como tutores que acompañan el proceso de aprendizaje” (García, et al., 2018). El potencial del uso de esta herramienta radica en la simplificación de un proceso o una parte de él. El *chatbot* puede operar las 24 horas del día, los 7 días de la semana, lo que permite liberar al personal de la necesidad de responder preguntas repetitivas y de solución sencilla.

Aulasbot surge a partir de la necesidad de contar con una herramienta que permitiera una gestión más eficiente de la gran cantidad de solicitudes relacionadas con el funcionamiento de las Aulas Virtuales, la cual brinda a docentes y alumnos la posibilidad de hacer uso de herramientas de conferencias *web* (Zoom) y plataformas de cursos en línea (Moodle).

Dialogflow ES (Standard Edition) es una herramienta de Google que facilita la creación de asistentes virtuales que pueden interactuar con los usuarios mediante el lenguaje natural (Dialogflow, 2024). Esto significa que permite a las personas hacer preguntas o solicitudes en un lenguaje cotidiano y obtener respuestas automáticas. Su capacidad para integrar modelos de lenguaje preentrenados y su flexibilidad en el diseño de conversaciones demuestran su versatilidad (Echeverri & Manjarrés, 2020) para personalizar las respuestas, adecuándolas a entornos educativos y de soporte técnico.

Las plataformas para creación de interfaces de conversación de uso gratuito, como *Dialogflow*, utilizan técnicas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural para interpretar y entender el lenguaje humano, permitiendo comprender las intenciones de los usuarios para responder de manera apropiada. Las técnicas de procesamiento del lenguaje natural son fundamentales para lograr un procesamiento eficiente y preciso del lenguaje humano (Universitat Carlemany, 2024).

Con el uso de tecnología de comprensión de lenguaje natural, como *Dialogflow*, y con los datos recibidos a través de la mesa de ayuda, se generó un *chatbot* capaz de brindar apoyo a los docentes en cuanto a necesidades como el acceso a las plataformas, problemas de gestión de actividades, renovación de licencias y matriculación de alumnos, entre otras.

El objetivo de este reporte técnico es describir el proceso de implementación de *Aulasbot* como solución para una atención más eficiente al profesorado y a los estudiantes universitarios en el uso y gestión de Aulas Virtuales.

2. DESARROLLO TÉCNICO

El primer paso en el desarrollo del *chatbot* fue identificar las preguntas y problemas más frecuentes que llegaban al equipo de soporte a través del correo electrónico. Estas consultas se agruparon por las herramientas utilizadas en la plataforma, principalmente Moodle y Zoom. Posteriormente, se clasificaron según el tipo de usuario (docentes o estudiantes), para ofrecer respuestas más precisas y útiles.

Después se definió un flujo de navegación mediante la catalogación de tipos de preguntas, a través de los cuales los usuarios pudieran navegar dentro del chat.

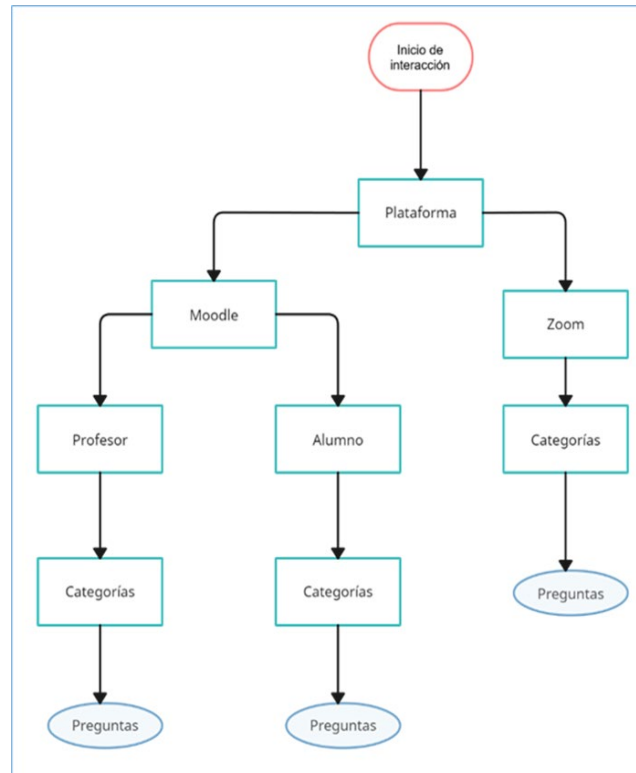
2.1 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del *chatbot*, se aplicó la Metodología de Desarrollo Ágil, conocida por su enfoque iterativo e incremental, facilitando ajustes continuos basados en la retroalimentación (Flores, et al., 2021). Se identificaron las principales preguntas que el chat debería responder y añadir por categorías.

1. **Recolección de preguntas:** Se llevó a cabo un análisis de las consultas más frecuentes recibidas a través del soporte de correo electrónico. Este proceso implicó la recopilación y revisión de los correos electrónicos enviados por los usuarios en busca de asistencia. Se identificaron y categorizaron las preguntas que no requerían intervención humana para ser resueltas, es decir, aquellas que podían ser gestionadas mediante respuestas automáticas.
2. **Creación de categorías:** Las preguntas recolectadas se agruparon en categorías temáticas. Estas categorías representan tanto las herramientas como las áreas clave de interés y las consultas más comunes, lo que permitió estructurar el *chatbot* de manera eficiente.
3. **Flujo de Conversación:** Se diseñó un flujo de conversación claro y lógico, donde los botones permiten a los usuarios elegir entre diferentes opciones y navegar por las categorías de preguntas frecuentes. Esto ayuda a evitar respuestas ambiguas y mejora la eficiencia en la resolución de consultas (ver Figura 1).

Figura 1

Flujo de conversación de Aulasbot



2.2 DESARROLLO DEL CHAT

Para la creación del *chatbot*, desde la página de *Dialogflow*, se creó el agente llamado *AulasBot*, el cual se configuró con la hora local de América/México y el idioma español para que el entrenamiento y la personalización del *chatbot* no tuviera problemas con acentos o caracteres como la ñ. De igual manera, se activaron las opciones para obtener las bitácoras de los *intents* (intenciones) a las secciones de entrenamientos, historial y analítica.

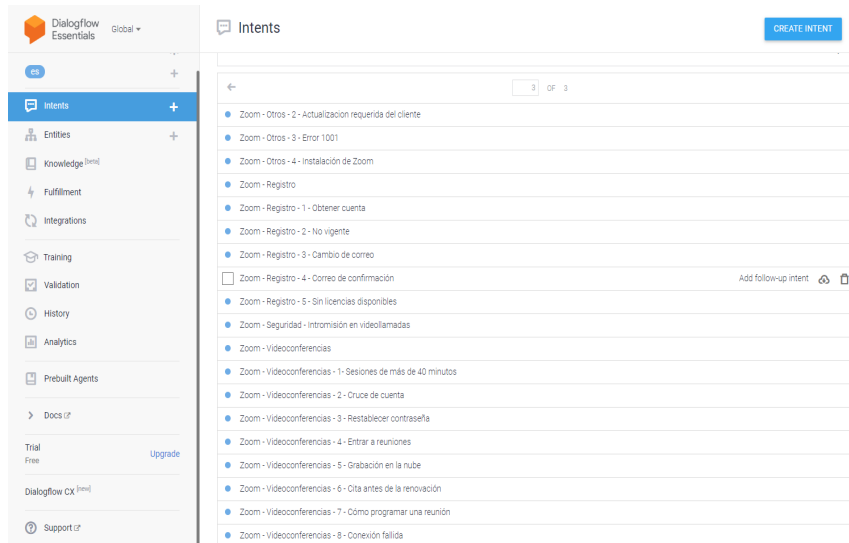
Posteriormente se crearon los *intents*, los cuales fueron configurados con ejemplos de frases y respuestas automáticas para asegurar que el *chatbot* pudiera comprender y responder a una variedad de formas en que se puede plantear una pregunta.

Se crearon 59 *intents* (ver Figura 2), distribuidos de la siguiente manera:

- Para Moodle: 29 *intents*
- Para Zoom: 23 *intents*
- Otros: 7 *intents*

Figura 2

Intents de AulasBot



Los *intents* se configuraron de dos maneras:

1. Permitiendo al usuario escribir directamente su consulta en el *chatbot*.
2. Seleccionando una pregunta predefinida mediante los botones de navegación por categorías.

Se optó por hacer las respuestas del *chatbot* lo más naturales y eficientes posible. Además, dado que ya existían varios manuales y videotutoriales de ayuda, se decidió incluir enlaces directos a estas ayudas dentro de los *intents*. Sin embargo, *Dialogflow* no permite agregar enlaces interactivos de forma sencilla, así que se utilizaron plantillas de texto enriquecido en formato JSON. Esto permitió incluir botones, enlaces e iconos, haciendo que la interacción con el *chatbot* fuera más intuitiva y agradable para el usuario (ver Figura 3).

Figura 3

Intent integrando un botón, url e icono

```

Custom Payload
1 {
2   "richContent": [
3     [
4       {
5         "type": "button",
6         "link": "https://aulas-virtuales.cuaieed.unam.mx/manuales/renovar_licencias_zoom.pdf",
7         "text": "Renovación de licencia",
8         "icon": {
9           "type": "history",
10          "color": "#0368B4"
11        }
12      }
13    ]
14  ]
15 }
  
```


Al agregar el código, el *chatbot* se desplegó en la parte inferior derecha de la página, quedando listo para que la comunidad que hacía uso de la plataforma lo pudiera utilizar (ver Figura 6).

Figura 6

Aulasbot implementado en la plataforma de Aulas Virtuales



2.4 ANÁLISIS DE DATOS

Cada semana se revisaban los datos a través de la consola de *Dialogflow*, específicamente en el apartado de *Historial*, donde se podían visualizar las interacciones que los usuarios tenían con el *chatbot*. El análisis de los datos mostró claramente cuáles eran las preguntas más frecuentes de los usuarios y cómo el chatbot lograba darles solución. Por ejemplo, en la tabla 1, se observa que el mayor número de consultas resueltas estaba relacionado con la gestión de videoconferencias en Zoom, lo que subraya la importancia de ofrecer un soporte automatizado en este tipo de actividades. Esta información permitió ajustar y mejorar continuamente el *chatbot*, aumentando su eficacia.

Tabla 1

Peticiones resueltas por Aulasbot en una semana

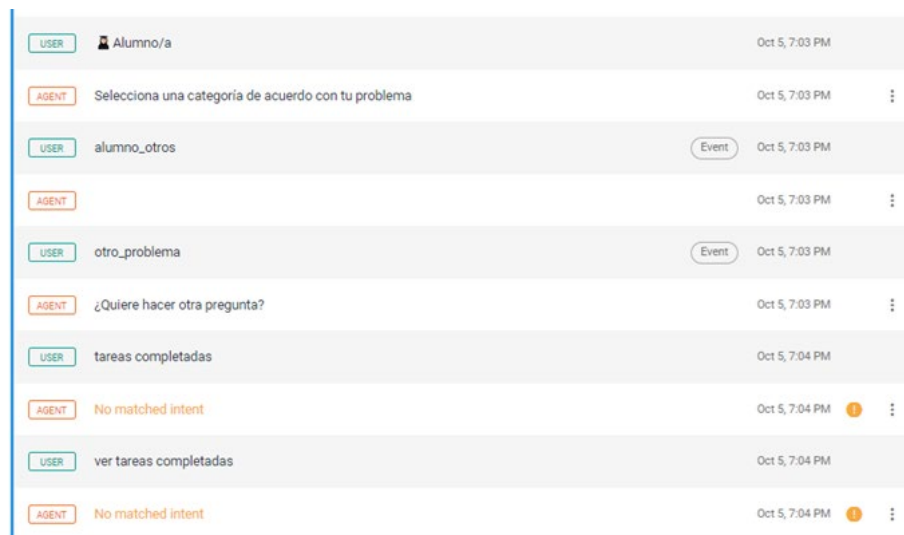
Nombre	Sesiones	Interacciones
Zoom - Videoconferencias - 1- Sesiones de más de 40 minutos	119	127
Zoom - Registro - 1 - Obtener cuenta	131	149
Moodle - Docente - Registro - 1 - Contraseña olvidada	90	101
Zoom - Videoconferencias - 3 - Restablecer contraseña	75	80
Moodle - Docente - Gestion - 2 - Matricular a mis alumnos	49	51
Zoom - Videoconferencias - 7 - Cómo programar una reunión	30	31

Nota. Se tomaron sólo las primeras seis preguntas con más interacciones del *chatbot*.

Por otro lado, se analizaron las interacciones en las que el *chatbot* no pudo ofrecer una respuesta adecuada para el usuario. Este análisis fue muy útil, ya que se determinaba la necesidad de agregar más frases de entrenamiento a los *intents* existentes o si se debía crear uno nuevo para atender solicitudes que no se habían considerado anteriormente (ver Figura 7).

Figura 7

Conversación sin coincidencia de Aulasbot



También se identificaron conversaciones en las que los usuarios no proporcionaban suficiente contexto para determinar si era necesario agregar una nueva frase. Esto ocurrió en casos donde los usuarios utilizaban el *chatbot* para experimentar o interactuaban con él como si fuera una IA al estilo de *ChatGPT*. Debido a esto, se implementó una respuesta automática para indicar al usuario que la función del *chatbot* se limitaba a resolver dudas relacionadas con la plataforma de Aulas Virtuales y las herramientas que ésta ofrece.

2.5 RESULTADOS

La implementación del *chatbot* representó un avance importante en el uso de tecnologías de la información en entornos educativos. En particular, permitió reducir los tiempos de respuesta en un 40%, lo que no sólo mejoró la satisfacción de los usuarios, sino que también liberó al personal de tareas repetitivas. Esto demuestra el gran potencial de los *chatbots* para automatizar servicios de soporte en plataformas educativas, optimizando tanto los recursos humanos como tecnológicos.

Comparado con otras herramientas utilizadas, como sistemas de tickets automatizados y páginas de preguntas frecuentes (FAQ), el *chatbot* implementado demostró ser una opción más efectiva por su capacidad para manejar el procesamiento del lenguaje natural y su integración sencilla con la plataforma existente. Las pruebas mostraron que se podían gestionar de manera efectiva las solicitudes frecuentes sin necesidad de intervención humana y que, al ser un medio de respuestas inmediatas, permitía el desarrollo de procesos autorregulatorios (Meza, et al., 2024) en estudiantes y docentes.

3. CONCLUSIONES

El uso del *chatbot*, para atender las solicitudes de soporte en la plataforma de Aulas Virtuales de la entonces Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa y Educación a Distancia (CUAIEED), utilizando *Dialogflow*, mejoró significativamente la eficiencia del servicio de soporte técnico. El *chatbot* redujo el tiempo de respuesta y la carga de trabajo del personal al automatizar la gestión de solicitudes comunes. La elección de *Dialogflow* fue acertada debido a su capacidad para procesar el lenguaje natural y su integración sencilla con la plataforma existente.

Finalmente, se recomienda continuar explorando la capacidad de los *chatbots* en entornos educativos, ya que ofrecen una solución práctica y eficiente para la gestión de solicitudes técnicas. En futuras iteraciones, el *chatbot* podría expandir sus funcionalidades para atender solicitudes más complejas o personalizar aún más las respuestas de acuerdo con el perfil de usuario.

REFERENCIAS

- Dialogflow (2024). Google Cloud. Recuperado de <https://cloud.google.com/dialogflow/docs?hl=es-419>
- Echeverri Torres, M. M. & Manjarrés Betancur, R. (2020). Asistente Virtual Académico Utilizando Tecnologías Cognitivas de Procesamiento de Lenguaje Natural. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6078/607863449007/html/>
- Flores Cerna, F., et al. (2021). Metodologías ágiles: un análisis de los desafíos organizacionales para su implementación. *Revista Científica*, 43(1), 38–49. <https://doi.org/10.14483/23448350.18332>
- García Brustenga, G., et al. (2018). Briefing paper: los chatbots en educación. Recuperado de <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/85786>
- Mendoza Castillo, L. (2020). Lo que la pandemia nos enseñó sobre la educación a distancia. *Revista Latinoamericana De Estudios Educativos*, 343–352. Recuperado de <https://rlee.iberomex.mx/index.php/rlee/article/view/119>
- Meza Cano, J. M., et al. (2024). Desarrollo de un chatbot con dialogflow para una asignatura de psicología en línea. <https://doi.org/10.46990/iQuatro.2024.07.5.3>
- Pandey, U., et al. (2023). Applications of artificial intelligence in power system operation, control and planning: a review. *Clean Energy*, 7(6), 1199–1218. <https://doi.org/10.1093/ce/zkad061>
- Universitat Carlemany. NLP (*Natural Language Processing*): técnicas y Herramientas. (2024). Recuperado de <https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/nlp-natural-language-processing/>

Implementación de una metodología de diseño para desarrollo de un juego responsivo

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Valadez Cedillo, C. (2024). Implementación de una metodología de diseño para desarrollo de un juego responsivo. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (41 - 48).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.79>

Carlos Valadez Cedillo

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

carval@unam.mx

ORCID: 0009-0008-2264-7450

Resumen

La actualización tecnológica del juego “La pulga y las trampas” requería que éste fuese completamente funcional en la web y se desplegara correctamente en diferentes plataformas y tipos de dispositivos. Para asegurar que esto ocurriera así, se utilizó una metodología integrada por un listado de criterios esenciales para soportar el desarrollo de juegos responsivos. El objetivo fue lograr que la parte dinámica de la interfaz de usuario, que se construía en tiempo real, se ajustara correctamente al diseño estático sin importar el tipo de dispositivo utilizado, para obtener así un producto completamente responsivo. Se logró, como resultado primero, un prototipo que permitió evaluar la funcionalidad y responsividad del juego y, posteriormente, se desarrolló el juego de forma exitosa, confirmando la validez de la metodología utilizada.

Palabras clave:

Juego responsivo, modelo de diseño responsivo, criterios de responsividad.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos a superar cuando se desarrolla un juego destinado a la web es conseguir que éste luzca y funcione de forma apropiada en cualquier plataforma digital y en diferentes tipos de dispositivos. La mejor manera de afrontar este reto es la creación de un esquema en el que se distribuyan los elementos del juego de forma diferente en función de la anchura de la ventana del usuario. Este esquema se denomina «diseño responsivo». El diseño web responsivo permite crear un solo sitio y controlar su apariencia a través de una amplia gama de dispositivos con distintos tamaños de pantalla y resoluciones, mediante la adaptación de los contenidos y el diseño (Lee, et al., 2015).

Sin embargo, la creación de un juego responsivo es un proceso complicado porque hay muchos factores que deben ser considerados: el ancho de la pantalla, su resolución, la relación de aspecto (*aspect ratio*), el tipo de entrada, es decir, ¿es a través de un ratón, un teclado, una pantalla sensible al tacto?

Como se observa, existen una gran cantidad de factores a considerar desde el inicio del desarrollo de un juego. Esto lleva a hacer la siguiente pregunta: ¿Cómo lograr que el diseño propuesto para un juego dé como resultado un producto que funcione adecuadamente y se escale correctamente a través de todos los diferentes tipos de dispositivos, tamaños de pantalla, resoluciones, navegadores y sistemas operativos?

El presente trabajo trata sobre la implementación que se hizo de una metodología de diseño para desarrollar la interfaz de usuario del juego “La Pulga y las Trampas”, considerando la interfaz de usuario como “lo concerniente al diseño visual de la arquitectura de la información y cómo debe ser presentada en diferentes dispositivos” (Maeda, 2022).

El objetivo del presente trabajo es explicar las etapas que componen la metodología de desarrollo de juegos responsivos y cómo se implementó en el diseño del juego “La pulga y las trampas”.

2. DESARROLLO TÉCNICO

El juego mencionado arriba forma parte del sitio web Matechavos, desarrollado por la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC). Este sitio está dirigido a niñas y niños de educación básica con juegos interactivos para promover la construcción de conocimientos matemáticos a través de la interacción con la computadora. La versión original de los juegos fue diseñada y coordinada por académicas de la DGTIC-UNAM en el marco del Proyecto Universitario de Enseñanza de las Matemáticas Asistida por Computadora (PUEMAC), del Instituto de Matemáticas de la UNAM, durante el período de 1998 a 2003. En 2022, se decidió actualizar su tecnología, que había quedado completamente obsoleta, para hacerlos funcionales en todo tipo de dispositivos modernos.

El problema principal que planteó la actualización fue que la interfaz de usuario requería que la parte donde se desarrollaba la mayor parte de la interacción con el usuario, se generara en tiempo real justo después de que el motor del navegador había terminado de construir la estructura de la página. Por lo que, si en principio esta página no estaba estructurada adecuadamente conforme al ancho de la pantalla del dispositivo, entonces, al momento de estar jugando, los diferentes elementos dinámicos se movían erráticamente o aparecían en lugares equivocados. Por tal motivo, lograr que la estructura de la página del juego estuviese bien construida y que fuese completamente responsiva se convirtió en uno de los

principales requerimientos del desarrollo, en especial, para anchos de pantalla inesperados, por ejemplo, un usuario que amplía o reduce el ancho de la ventana del navegador de manera aleatoria.

Hay dos términos que generalizan los fallos de presentación que existen en el diseño responsivo: *Responsive Layout Failures* y *Visibility Faults* (Althomali, 2022). El primero, las fallas en la disposición responsiva, tiene que ver con fallas de presentación que se observan en páginas web de diseño responsivo en diferentes anchos de pantalla utilizando el mismo navegador, mientras que el segundo, las fallas de visibilidad, hace referencia a las fallas producidas por los cambios dinámicos del diseño que dan lugar a un cambio en la funcionalidad de la página web. Este trabajo se centró en el primero, ya que era ésta la problemática que se buscaba solucionar. Así, para asegurar una solución al requerimiento planteado en el párrafo anterior se revisaron diferentes métodos y marcos de trabajo que permitían el diseño de interfaces responsivas y/o la creación de interfaces de usuario multiplataforma, como: *GUMMY* un constructor de interfaces gráficas de usuario multiplataforma, *Quill*, *XDStudio* o *W3Touch*. Al final, se tomó como referencia el modelo descrito en el artículo *Responsive Game Design Model* (Andrzejczak, J. Ogradowczyk, H., 2016) no sólo porque estaba enfocado en el diseño responsivo de interfaces para juegos, sino principalmente porque, para lograrlo, hacía uso de un conjunto de criterios que facilitaban la correcta respuesta responsiva del juego, precisamente lo que se requería para el proyecto a desarrollar.

Los criterios utilizados en este modelo de diseño responsivo se unificaron con otros que abarcaban el proceso completo del diseño general de un juego, no sólo la interfaz de usuario. De esta forma, se definió la metodología para lograr que el juego presentara la misma funcionalidad y accesibilidad en diferentes plataformas, resoluciones y tipos de entrada, evitando así la repetición de trabajo.

2.1 METODOLOGÍA

La metodología planteada para el desarrollo del juego se compuso de los tres procesos siguientes y cuyos títulos describen el criterio en el que se basaron:

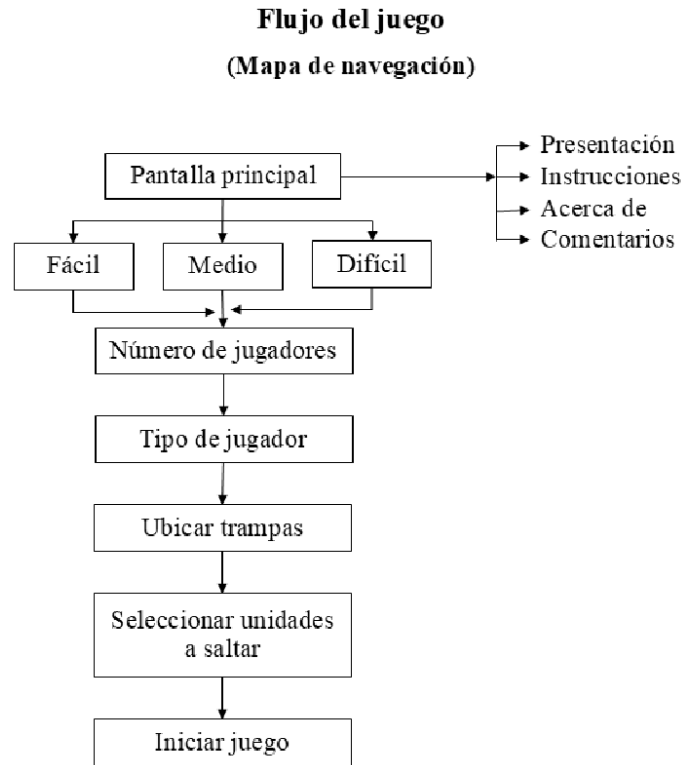
2.1.1 LOS GRÁFICOS Y LA INTERFAZ DEL JUEGO DEBEN ADMITIR MÚLTIPLES RESOLUCIONES INTEGRANDO EL MODELO DE DISEÑO DE JUEGO RESPONSIVO

Paso 1. Modelo de interfaz de juego responsivo para crear una jerarquía de alto nivel de elementos de interfaz de usuario parametrizados.

Se identificaron los elementos de control y las áreas que estarían presentes en todo momento en la interfaz del juego, usando como referencia el diagrama de flujo del juego que se observa en la figura 1.

Figura 1

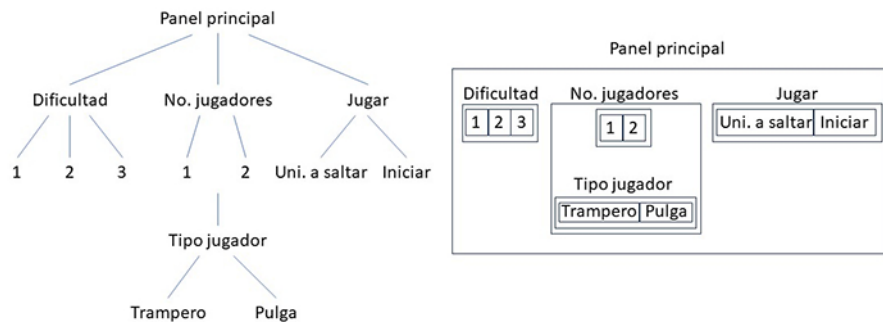
Flujo básico de navegación del juego “La pulga y las trampas”



Se definió también un modelo lógico para hacer una representación abstracta de la estructura de objetos que componían la interfaz del juego, sus propiedades y relaciones. Esto tuvo la finalidad de crear una jerarquía y adjuntar reglas a esa jerarquía, buscando lograr de esta forma comportamientos similares en plataformas digitales diferentes.

Figura 2

Jerarquía del modelo definiendo las relaciones de inclusión entre las áreas de juego



Nota. Adaptado de Andrzejczak, J. Ogradowczyk, H., 2016.

Las áreas múltiples de la interfaz se organizaron jerárquicamente. Cada una de ellas contiene a varias áreas hijas (véase figura 2). Durante el proceso de composición, cada área secundaria se colocó dentro de los límites de su área principal.

Paso 2. Propiedades. Cuatro parámetros principales para el modelo, que constituyen la base de la solución de diseño propuesta.

Una vez definida la estructura de la interfaz como una jerarquía, se trabajó en la especificación de los requisitos espaciales que debía cumplir cada área a través del uso de propiedades, entre ellas el tamaño y el espaciado.

Se siguieron las siguientes reglas para el algoritmo de composición o distribución:

El tamaño

Las propiedades básicas de cada área eran sus tamaños mínimo y máximo. Los tamaños mínimos se usaron para describir el menor espacio posible que el algoritmo de distribución debía asignar a un área. Si existía espacio libre adicional un área podía ampliarse, sin embargo, no podía superar sus valores de tamaño máximo.

El espaciado

Las distancias entre áreas se podían personalizar mediante el uso de las propiedades de espaciado como: margen (*margin*) y relleno (*padding*). La propiedad *margin* se utilizó para separar áreas situadas en el mismo nivel jerárquico. La propiedad *padding* se utilizó para manejar el espacio entre un área y sus hijos. Para las áreas adyacentes, se utilizó el criterio de que siempre se alejaran entre sí una distancia igual a la mayor de sus márgenes.

Distribuciones (layouts)

Para este desarrollo, se dispuso de varios tipos de distribuciones para organizar áreas hijas dentro de padres específicos, siempre respetando las restricciones impuestas por otras áreas padres y por otras propiedades. Por ejemplo, se utilizaron distribuciones en secuencia para colocar las áreas una a una a lo largo del eje vertical u horizontal o para alinearlas en relación con su padre, verticalmente (arriba, centro o abajo) y horizontalmente (izquierda, centro o derecha).

Desbordamiento y variantes

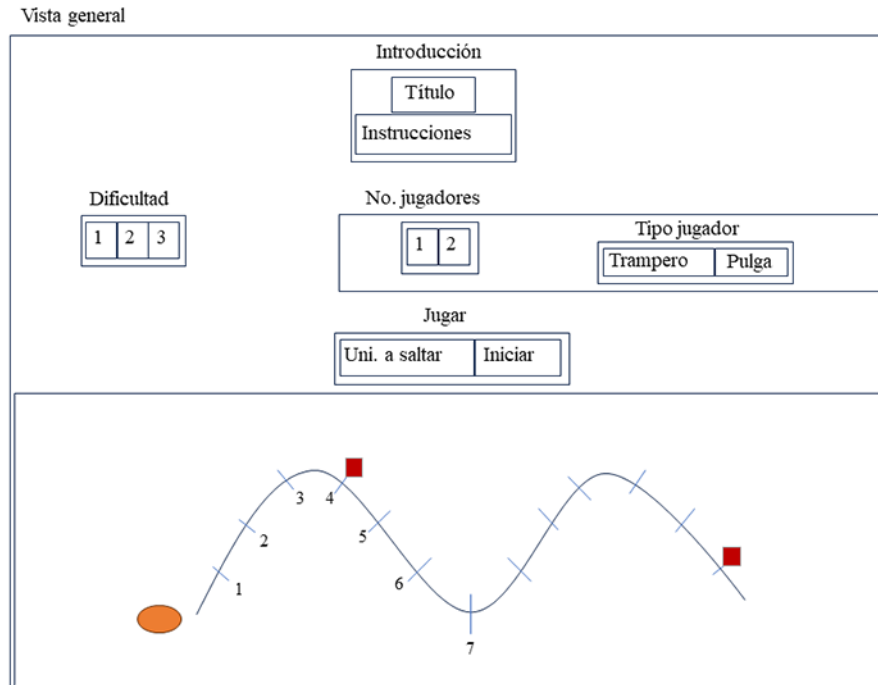
La propiedad desbordamiento se utilizó para prever y tratar los siguientes casos: si el espacio de distribución era limitado, entonces existía la posibilidad de que la distribución de la interfaz produjese desbordamientos. También era posible que algunas zonas se cruzaran entre sí o que no cupiesen dentro de los límites proporcionados por un elemento padre. En ambos casos, se ocultaron elementos o se forzaron a encogerse para ajustarse al espacio disponible, sin importar sus propias restricciones de tamaño y espaciado.

Paso 3. Prototipo que implementa el modelo de interfaz de juego responsivo.

Se diseñó y programó un prototipo para probar el diseño propuesto para el juego en diferentes plataformas, tamaños de pantalla y tipos de dispositivo, así como en orientación horizontal y vertical (véase figura 3).

Figura 3

Maqueta de la composición de elementos del juego, ordenados conforme a su jerarquía



Nota. Adaptado de Andrzejczak, J. Ogrodowczyk, H., 2016.

El diseño de la interfaz gráfica se enfocó mayormente en las principales relaciones de aspecto (*aspect ratio*), más que en las resoluciones de los dispositivos. Se seleccionaron las relaciones 16:9 y 4:3 porque, en general, cubrían los dispositivos usados por los usuarios objetivo.

2.1.2 LA MECÁNICA DEL JUEGO FUNCIONA CON VARIOS TIPOS DE ENTRADA

Para asegurar que el juego pudiese operar en cualquier tipo de dispositivo, llámese computadora, *laptop*, tableta o teléfono celular, se simplificaron los controles, de tal forma que el juego pudiese funcionar si se utilizaba teclado, ratón o pantalla sensible al tacto.

2.1.3 LA POSIBILIDAD DE PODERSE EJECUTAR EN VARIAS PLATAFORMAS CON EL MISMO CÓDIGO BASE

Para asegurar el funcionamiento correcto del juego en diferentes plataformas usando el mismo código, se programó solo con herramientas y software que se ejecutaba bien en múltiples plataformas, como javascript, php, html5 y css3.

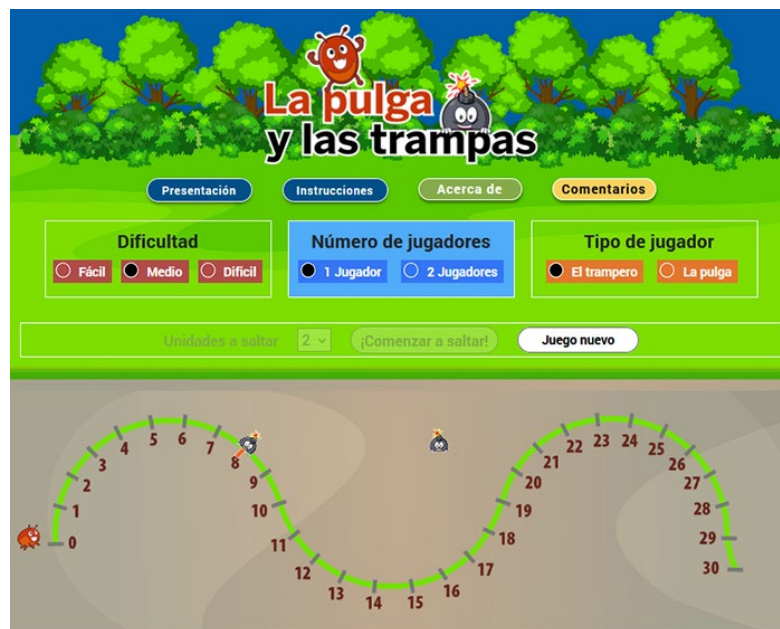
2.2 RESULTADOS

Se logró construir un prototipo que funcionó de manera exitosa en una amplia variedad de dispositivos con todo tipo de anchos de pantalla.

Se desarrolló por completo el juego (véase figura 4) y se probó exitosamente en diferentes plataformas, diferentes tipos de dispositivos y con diferentes tipos de entrada.

Figura 4

Portada principal del juego “La pulga y las trampas”



Es importante aclarar que la metodología no pudo solucionar todos los problemas de interfaz o de tipo de entrada. En este caso, por ejemplo, las pruebas con el prototipo mostraron que, en el nivel de dificultad alto y usando una pantalla sensible al tacto (dispositivo móvil), los elementos del juego que debían arrastrarse en la pantalla (las trampas) eran demasiado pequeños como para poder ser maniobrados con precisión por el dedo de un jugador. Esto obligó a establecer una resolución mínima para el ancho de la pantalla, con el fin de evitar que las imágenes se redujeran más allá de lo conveniente, lo cual forzó el diseño de la interfaz para que en los teléfonos celulares la orientación horizontal fuese obligada.

3. CONCLUSIONES

A pesar de su sencillez, la metodología demostró ser eficaz al permitir lograr el objetivo de conseguir un juego funcional en diferentes tipos de dispositivos, siendo completamente responsivo.

El utilizar una metodología para el desarrollo de un juego responsivo, permitió hacer visibles los pasos a seguir para asegurar el logro del objetivo. Esto ayudó a prevenir errores y conflictos por anticipado, con lo cual se ahorró tiempo de desarrollo.

El definir la estructura de la interfaz de usuario como una jerarquía y asignarles a los diferentes elementos de esta jerarquía propiedades que especificaban requisitos tanto espaciales como de tamaño permitió manejarlos ordenadamente en grupos que podían posicionarse o extenderse y contraerse dependiendo del ancho de la pantalla.

La metodología permitió anticipar problemas que se presentarían en el diseño, pero no proporcionó todas las soluciones para el diseño planteado.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de corazón a la maestra Patricia Martínez Falcón por su entrega en la realización del proyecto de actualización de tecnología del sitio web *Matechavos*.

REFERENCIAS

- Althomali, I. (2022) Automated Classification and Repair of Presentation Failures in Responsive Web Pages. [Tesis de doctorado]. University of Sheffield.
- Andrzejczak, J. Ogrodowczyk, H. (2016) Responsive video game interface model. *Computer Game Innovations* (pp.133-153). University of Technology Press
- Maeda, P. (2022) User Interface Design in Game Development: How does the game industry create user interface design?. University of Skövde. Recuperado de: <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-22046>
- Lee, J. et al. (2015) Responsive Web Design According to the Resolution. 8th International Conference on u-and e-Service, Science and Technology (UNESST). IEEE, 2015.

Registro digital de mapas del fondo Pedro Bosh-Gimpera empleando técnicas fotogramétricas

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Casas Cordero, A. et al. (2024). Registro digital de mapas del fondo Pedro Bosh-Gimpera empleando técnicas fotogramétricas. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2(4) páginas (49 - 64).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.75>

Araceli Casas Cordero

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

casas@unam.mx

ORCID: 0009-0006-3884-0517

Alicia Ascención Reyes Sánchez

Instituto de Investigaciones Antropológicas
Universidad Nacional Autónoma de México

alicia.reyes61@iia.unam.mx

ORCID: 0009-0009-9612-4481

Emilio José Quiroz Galván

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

eqg26@comunidad.unam.mx

ORCID: 0009-0006-8843-6889

Víctor Hugo Franco Serrano

Dirección General de Cómputo y de
Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

vhfranco@unam.mx

ORCID: 0000-0001-8788-9081

Resumen

El reporte que se presenta es una experiencia interdisciplinaria para preservar una selección de 34

mapas de la colección personal del arqueólogo y prehistoriador Pedro Bosch-Gimpera, en donde analiza el desplazamiento de la humanidad durante la prehistoria al continente americano. Para llevar a cabo el registro digital, se emplearon técnicas fotogramétricas, las cuales tienen como ventaja el no ser tecnología invasiva; toda la información se recolectó *in situ* para evitar una reacción que acelerara el deterioro del material. Los resultados obtenidos lograron registrar los detalles de los trazos finos que realizó el autor sobre la obra.

Palabras clave:

Fotogrametría, reprografía, corrección ortogonal, preservación de documentos.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto de Investigaciones Antropológicas (IIA) de la UNAM, a través del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso, resguarda una importante colección de archivos personales que contribuyen al conocimiento de la antropología mexicana del siglo XX. Cada acervo conserva un valor sustantivo y es competencia de las especialidades que conforman a esta ciencia social: arqueología, antropología física, lingüística y etnología. Específicamente, la *Colección de Mapas, Pedro Bosch-Gimpera* consta de 836 obras únicas elaboradas en papel vegetal y son representaciones geográficas que muestran los movimientos del ser humano prehistórico a través de los continentes.

Actualmente, el acervo se encuentra en condiciones de conservación óptimas (Consejo de Cooperación Bibliotecaria, 2021), sin embargo, su naturaleza es frágil, ya que cada uno de los ejemplares está formado por hojas unidas con pegamento. Asegurar su permanencia en el tiempo tiene la complicación de que es inevitable el proceso de envejecimiento natural del papel debido a la presencia de luz y humedad, los cuales ocasionan un cambio en la coloración del material, así también, la presencia de microorganismos tiene efectos degradantes que pueden provocar la destrucción física parcial o total del documento, o el ataque de insectos que se nutren de los componentes orgánicos del papel (Tomé, 2017). Además de esto, la destrucción mecánica se presenta por un proceso de acidificación (*Preservation of historical records*, 1986).

La relevancia de preservar una obra inédita en formato digital tiene los beneficios de proteger la información, prolongar la conservación del material original y extender la consulta a una amplia comunidad académica interesada en el tema (Mondal & Das, 2023) por la facilidad de difusión del contenido de un archivo digital (Zoë, 2024). Cabe mencionar que la colección de mapas está debidamente organizada y catalogada, lo cual facilitó la selección de la obra, además de conocer otros detalles. A pesar de ello, fue necesario revisar físicamente algunos de los materiales para determinar la importancia de registrar el color y todos aquellos detalles que ofrecieran datos determinantes sobre el contexto, como algunas manchas o aparente deterioro en el papel.

Para responder al problema, se acordó emplear técnicas de registro digital no invasivas y se consideró que el procedimiento de registro se realizaría dentro del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso del IIA para facilitar su manipulación y evitar que el material presentara una reacción química al modificar su ambiente natural. También se definió la temática de los mapas y se seleccionaron 34 piezas de la *Colección de Mapas y Planos del Fondo Pedro Bosch-Gimpera* que describen el *Poblamiento temprano*

de América. El alcance prospectado fue obtener archivos con una resolución que permitiera ver con detalle tanto las anotaciones textuales como los trazos realizados en tinta por el autor.

El objetivo del presente reporte es garantizar la consulta de las 34 piezas de la *Colección de Mapas y Planos del Fondo Pedro Bosch-Gimpera*, facilitar el acceso y preservar el acervo en formato digital, empleando técnicas de fotogrametría para realizar el registro y obtener alta fidelidad en la información contenida.

2. DESARROLLO TÉCNICO

Una de las principales barreras para lograr la preservación digital a través del tiempo, es la obsolescencia tecnológica (Aber, et al., 2010). El dispositivo de captura es un componente esencial que define la calidad de la imagen (Arillo, 2021) y el formato que tendrán los archivos, pero se debe tener presente que, en un periodo corto de tiempo, el modelo del escáner u otro dispositivo tendrá una actualización que mejorará a su predecesor y estará relacionada con la tecnología óptica, los formatos gráficos y el soporte de mantenimiento. Éste tendrá una vigencia finita, por lo que elegir el equipo se convierte en un importante desafío debido a que la calidad del trabajo estará subordinada a las condiciones descritas.

Existe una amplia gama de dispositivos para digitalizar documentos históricos; en una breve reflexión sobre la tecnología disponible para desarrollar el proyecto (Multitec S.A. 2019), se consideró el escáner de gran formato y una cámara DSLR (*Digital Single Lens Reflex* por sus siglas en inglés). La adquisición del escáner no era una opción viable, no obstante, se examinó la oferta de estos dispositivos, los cuales, en promedio, se encuentran entre \$11,490.00 USD¹ y \$43,990.00 USD². Los equipos con mejor calidad óptica se encuentran entre los más costosos, sin embargo, la propuesta se centró en aplicar la técnica de fotogrametría de corto alcance (Autodesk, s.f.), la cual requiere de una cámara fotográfica³ réflex y tripie, realizar múltiples tomas fotográficas y procesar las imágenes con software fotogramétrico. La ventaja de emplear la tecnología es que se cuenta con la experiencia para ello.

La fotogrametría se describe como el arte, ciencia y tecnología empleada para obtener información confiable sobre los objetos físicos y el medio ambiente, relacionada con la forma, dimensiones y posición en el espacio, a través del registro de imágenes fotográficas (Aber, et al., 2010). Algunas fuentes datan el nacimiento de esta área de conocimiento en el año 1858 (Global - Mediterránea&Geomática, 2018) y se destaca, sobre su evolución, que ha transitado desde una naturaleza análoga con equipo optomecánico, hasta derivar en soluciones asistidas por computadora a través de algoritmos matemáticos. Esto hace evidente que hay un importante respaldo de desarrollo en esta materia, además de que los dispositivos ópticos (cámaras DSLR) son compatibles en la actualidad.

El resultado esperado del proceso fotogramétrico es información 3D de las fotografías (Autodesk, s.f.), lo cual implica que cada punto de la superficie de los mapas registrados tiene una coordenada XYZ, con la que se obtiene un modelo tridimensional. La aportación principal de aplicar la técnica descrita es obtener la posición precisa de la cámara con respecto a la superficie capturada, esto permite manipular la vista para obtener proyección ortogonal, ortoproyección, de la imagen fotográfica.

1 <https://sourcegraphics.com/product/widetek-36-scanner/>

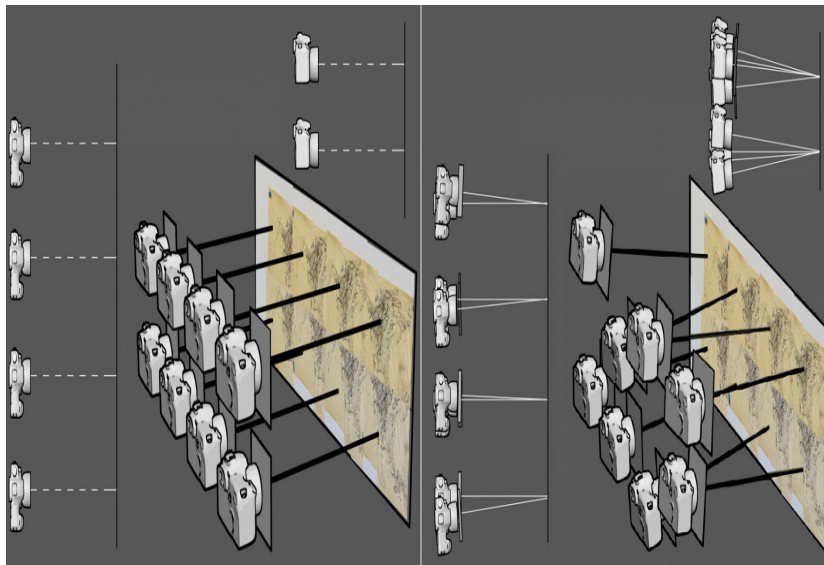
2 <https://www.scantastik.com/hardware/widetek-scanners/wide-format-scanner-36-ART.html>

3 Tecnología que ofrece prestaciones técnicas suficientes.

La ubicación de la cámara, en un sistema de coordenadas 3D, se obtiene al realizar el procesamiento fotogramétrico y permite reubicar la cámara en una posición paralela a la superficie del mapa. Es en esta etapa que se corrige la distorsión geométrica de la fotografía y se ensamblan las imágenes para reconstruir el mapa registrado en un plano con una orientación, como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Caracterización de las tomas realizadas



Nota. Se observa que la posición de la cámara no tiene una alineación paralela al mapa capturada.

En la realización del registro fotográfico, se buscó alinear la cámara perpendicular a la superficie del mapa con un nivel de burbuja A pesar de ello, la posición de la cámara tuvo variaciones, es decir, algunas rotaciones mínimas, así como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, una ventaja de aplicar la técnica fotogramétrica es que ofrece la posibilidad de corregir los errores.

Al terminar este procedimiento, se calcula la ortoproyección de la imagen, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Asia. Paleolítico superior americano y Mesolítico del viejo mundo 20000 – 4500



Nota. El mapa que se presenta es el resultado final con los procedimientos de ensamble, corrección geométrica y ortoproyección.

El producto final de cada uno de los mapas es un archivo digital en alta resolución y se considera un máster de alta calidad, este material debe tener un riguroso análisis para su conservación en relación con el formato de resguardo, por lo que se consultaron diversas fuentes y para el desarrollo de este trabajo se adoptaron las recomendaciones realizadas por la Biblioteca del Congreso, relacionadas con evitar el uso de formatos con compresión, interpolados y el uso de capas. Sin embargo, se recomiendan las extensiones TIFF, JPEG200, PNG y JPEG/JFIF (*Library of Congress, s.f.*), aunque pueden ser obsoletas en algún momento y, en consecuencia, tendrán incompatibilidad con programas y aplicaciones (Robledano, et al., 2021).

3. METODOLOGÍA

El procedimiento realizado se describe en tres etapas: La primera consiste en el diseño de la estrategia para tratar los mapas y la orientación con respecto a la cámara; la segunda se refiere a las condiciones de la toma fotográfica; y la tercera es el proceso de gabinete para calcular las imágenes ortogonales.

Tratamiento de los mapas

La selección de mapas con el tema de “Poblamiento temprano de América” presenta dimensiones diversas y, en algunos casos, los documentos se almacenan doblados para protegerlos en guardas de polipropileno. Adicionalmente, el papel vegetal de algunos ejemplares tiene un gramaje muy bajo, se observa el material envejecido y se perciben frágiles, por lo que se siguió el protocolo del Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso del IIA, la recomendación es utilizar guantes para manipular el material. Así también, se analizaron diversas posibilidades para buscar la posición vertical de los mapas; esta alineación resultaría conveniente para lograr que la posición de la cámara estuviera paralela sin pretenderlo en forma rigurosa, derivando en la elaboración de una estructura tubular unida por dos tripies laterales, como se puede ver en la parte superior de la Figura 3 (lado izquierdo). En ella, está montada una placa de estireno de 1.22 x 2.44 m en color blanco con unos ojillos en los cuatro extremos, los cuales funcionan como puntos de fijación de ser necesario, pero el peso de la placa fue suficiente para lograr estabilidad.

Figura 3

Espacio de trabajo, Departamento de Fondos Documentales Alfonso Caso, IIA – UNAM



Nota. Se observa del lado izquierdo la cámara digital, el plano vertical y el lente fotográfico en una posición paralela. A la derecha se observa el mapa fijado con imanes en la parte frontal y posterior. Los dobleces que se observan se deben a la deformación mecánica del material.

Para fijar el material, se emplearon imanes de neodimio en la parte posterior de la placa y al frente imanes de ferrita como en la Figura 3 (imagen derecha). En las pruebas, se determinó que la fuerza magnética de cuatro puntos con imanes era suficiente para fijarlos, aun los de gran formato, esta técnica ayudó a maniobrar en forma mínima los documentos. Adicionalmente, se realizaron pruebas de la distancia adecuada de la cámara fotográfica en relación con el plano vertical donde se ubican los mapas, el requerimiento era lograr una distancia constante, para ello, las marcas horizontales que se observan en el piso se usaron como guía. Cabe destacar que no hay contacto con el material mientras se realiza el registro.

Como se observa en la imagen de la Figura 3 (derecha), los mapas tienen marcas de dobleces generados por el tiempo, el estado de los mapas también es información importante para el registro.

Registro fotográfico

El desarrollo tecnológico de las cámaras fotográficas en la actualidad permite digitalizar prácticamente toda la tipología documental de una biblioteca, archivo, hemeroteca o pinacoteca (Robledano, et al., 2021) y tiene la ventaja de múltiples opciones de configuración, así como una gran adaptabilidad a diversas condiciones como la iluminación, la distancia al objeto y el área de captura. La combinación de estos factores tuvo un papel muy importante para lograr un registro detallado de la obra Bosch-Gimpera.

Se llevó a cabo una serie de pruebas con tres cámaras fotográficas DSLR, Canon EOS Rebel T6 1300D, Nikon D5600 y Nikon D810. La evaluación consistió en realizar tomas fotográficas de una retícula impresa en papel bond (véase parte superior de Figura 4), empleando cada una de las cámaras de las cuales se muestran las características más destacadas en la Tabla 1. La retícula impresa en blanco y negro tiene áreas bicolors de un centímetro cuadrado y la prueba inicial consistió en determinar el acercamiento mínimo con la equivalencia de un lente de 50 mm, a partir de lo cual, se evaluó la resolución y la calidad de enfoque en el área registrada.

Tabla 1

Comparación de modelos

Cámara	Dimensión pixeles	Sensor	Puntos de enfoque	Tipo de archivo	Lente
Canon EOS Rebel T6 1300D	5184 x 3456 px	CMOS	9 AF	RAW / JPG	50 mm
Nikon D5600	6000 x 4000 px	CMOS	39 AF	RAW / JPG	24-70 mm
Nikon D810	7360 x 4912 px	CMOS	51 AF	RAW / TIFF	28-300 mm

Nota. Los equipos fotográficos se muestran, de arriba hacia abajo, del más antiguo al más actual (Manual de usuario Nikon D810, s.f.).

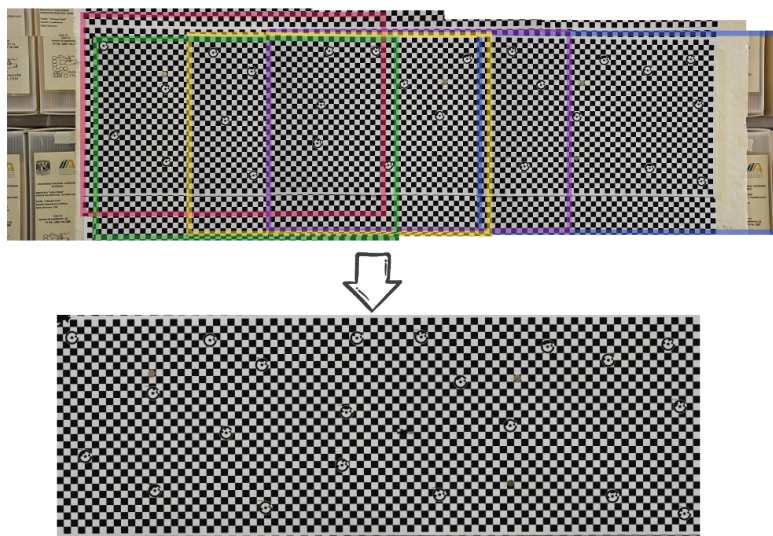
El equipo Nikon D810 presentó los mejores resultados, porque ofrece un mayor número de pixeles en la imagen que captura. Esta característica implica conseguir mayor detalle, las imágenes RAW tienen una dimensión de 7360 x 4912 pixeles. Para obtener imágenes fotográficas con calidad de encuadre homogénea, se activó la función de 51 puntos de enfoque en modo auto foco, el control de iluminación se obtuvo en modo de trabajo manual, configurando una apertura de diafragma en 11, velocidad de disparo de 1/60, sensibilidad ISO de 100, el balance de blancos en modo automático. El formato de

imagen de captura se definió RAW + Fine y la importancia de trabajar con el archivo RAW se debió a que contiene toda la información que capta el sensor una vez que ha sido convertido de análogo a digital. El lente empleado fue AF-S NIKKOR 28-300mm y la distancia focal se mantuvo en las tomas a 50 mm.

La función de temporizador en 10 segundos se activó para asegurar la estabilidad en la imagen debido a que no se emplearon luces externas, así también se realizaron las tomas a una distancia del objetivo de 65 cm en promedio y se verificó el enfoque en cada una de las capturas.

Figura 4

Retícula impresa en gran formato



Nota. La retícula se registró con tres cámaras fotográficas para evaluar enfoque, resolución, y distorsión geométrica. En la retícula que tiene los recuadros de colores se muestra la superposición de las imágenes. Los recuadros en color tenue indican el área que cubre el lente de la cámara, la superposición de las geometrías indica que la distancia entre las tomas es corta. En la parte inferior se muestra el resultado del cálculo fotogramétrico.

El tema de la iluminación es un componente crítico en el momento de realizar las tomas fotográficas, los sistemas de luminarias deben tener una posición muy cuidada para evitar sombras marcadas y es recomendable mantener una intensidad controlada (*Manual de preservación, conservación y tratamiento de los documentos del archivo de concentración.*, 2012), así como garantizar una luz homogénea en toda la superficie que se retrata. Sin embargo, lo más importante a considerar es que todas las fuentes luminosas artificiales emiten radiación visible e invisible, las cuales tienen efectos destructivos en el papel, particularmente las radiaciones infrarrojas IR y ultravioletas UV (Lone, et al., 2021). Una buena práctica es realizar pruebas con la luz natural del espacio, en el caso de valorar que la calidad lumínica es suficiente (De Prado, 2014), se puede considerar como la opción ideal. Bajo estas condiciones se realizó el registro del acervo en el área en donde se encuentra resguardado, dentro del horario matutino.

Tabla 2

Radiaciones de las fuentes de iluminación

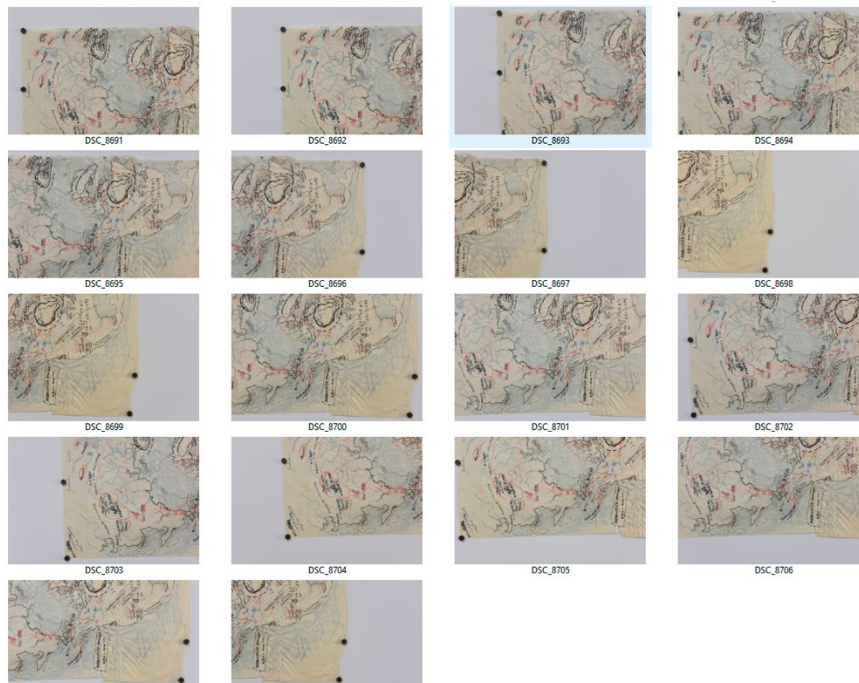
Distribución de la energía emitida en la radiación de las fuentes luminosas			
Tipo de fuente	% de radiación visible	% de radiación UV	% de radiación IR
Incandescente	5.75	0.25	75
Fluorescente	28	0.5	--
Mercurio halogenado	24	1.5	24.5

Nota. La información se atribuye al Comité Español de Iluminación 1996.

En todo caso, las lámparas que podrían ser tecnológicamente adecuadas son las de tipo LED, de las cuales se reconoce que no emiten radiación UV (Comisión Europea, s.f.) a diferencia de otro tipo de fuentes luminosas como se muestra en la Tabla 2, (O'donell, et al., 2002), en donde se observa que una fuente luminosa en el momento de encenderse distribuye un porcentaje de energía en radiaciones de tipo UV e IR.

Figura 5

Asia. Mesolítico Americano 4500 – 2000



Nota. 18 imágenes del mapa 530, dimensión real 39 x 22 cm.

En la Figura 5, se observa uno de los 34 mapas registrados en secciones. Al recorrer la vista, iniciando por la imagen de la esquina superior izquierda, se puede ver que cada imagen comparte información con las colindantes, adicionalmente, se advierte por la toma y la posición de la cámara que el objetivo tiene una

ubicación paralela al mapa. El procedimiento se replicó para los 34 mapas de la colección y dependiendo de las dimensiones del documento se realizaban de dos a tres registros por sesión invirtiendo cuatro horas en promedio.

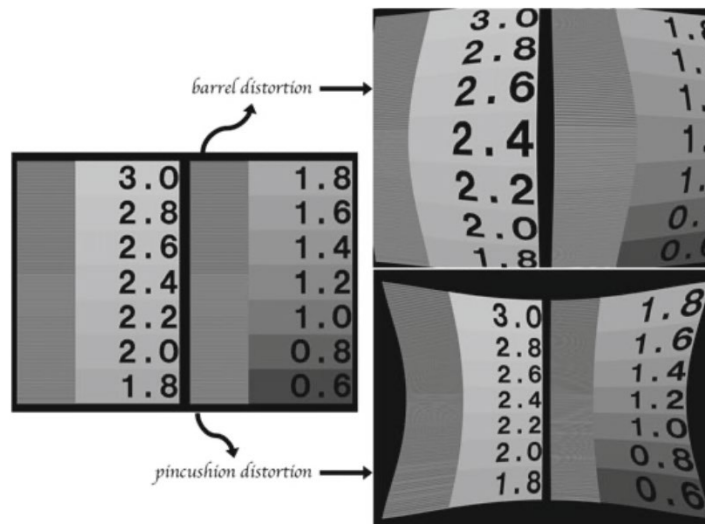
Proceso fotogramétrico

La imagen que captura una cámara fotográfica tiene una distorsión geométrica y depende del sistema de lentes empleados. Un lente de acercamiento (zoom) presenta una imagen con distorsión tipo *barrel*, mientras un lente telefoto muestra el tipo *pincushion*, como se observa en la Figura 6 (Pavlidis, 2022) (*Distortion Image Quality Factors*, 2024).

El caso descrito requiere de procedimientos adicionales para corregir la distorsión geométrica de tipo *barrel* y *pincushion*, como podemos ver en la Figura 6, las deformaciones pueden ser mínimas, sin embargo, no se puede optar por distorsionar la imagen, sino por realizar el procedimiento correcto para corregir la deformación óptica, por lo que se recurre a la técnica de fotogrametría.

Figura 6

Distorsión geométrica en imagen capturada con cámara fotográfica



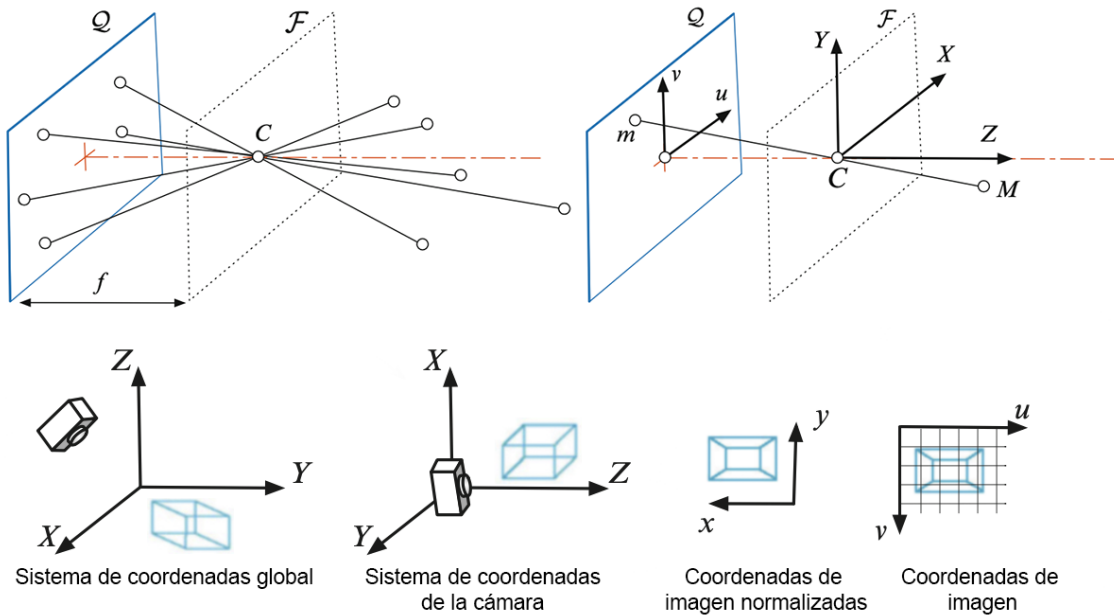
Nota. Lado derecho, distorsión de barril (*barrel*) o de cojín (*pincushion*) (Pavlidis, G., 2022, p. 211).

Para explicar el proceso fotogramétrico, se analiza el modelo geométrico de Fusiello A., el cual relaciona la posición de un punto en la escena y la posición del punto correspondiente en la imagen (Fusiello, 2024).

En la Figura 7 (sup. - izq.), se identifica el plano Q como el plano de la imagen que capta la cámara, f es la distancia focal, en donde se encuentra el centro de proyección C donde confluyen las rectas de luz que proporcionan datos de la escena proyectada en Q, el plano imaginario F se describe con una posición paralela a Q. Se debe conceptualizar que los puntos del espacio (lado derecho del plano F) que se proyectan en la fotografía tienen una relación con respecto a la posición XYZ global, en referencia con el eje principal (línea roja del plano C al Q).

Figura 7

Síntesis gráfica de las etapas en el proceso fotogramétrico



Nota. El modelo de la cámara estenopeica explica la construcción de la imagen en el proceso de fotogrametría, (Fusiello, A., 2024 p.16, 17, 25).

En el lado derecho de la Figura 7, se introduce un sistema de coordenadas cartesianas del objeto para describir la proyección de perspectiva desde la cámara y su relación con los de la imagen (plano Q), el eje Z se encuentra alineado con el eje principal. El sistema de coordenadas de la imagen fotográfica se describe como (u,v) , debido a que es una imagen 2D. El punto M es uno de varios puntos en el espacio de la escena y recorre una trayectoria en línea recta pasando por el punto C hasta proyectarse en Q en la posición u,v . El ambiente que se retrata presenta puntos de M^n , hasta m^n , los cuales describen la trayectoria de luz en el espacio hasta la proyección. El procedimiento de conversión de puntos 2D a 3D se basa en un algoritmo matemático desarrollado en el software.

En una recreación del ambiente tridimensional de la aplicación de fotogrametría, se pueden identificar diferentes sistemas de coordenadas, como se muestra en la Figura 7 (sección inferior). Hay que destacar que el sistema que corresponde a la cámara nos permite manipular su posición en forma precisa para obtener una vista paralela a la imagen retratada y, entonces, obtener la imagen ortogonal (coordenadas de imagen). Lo anterior, explica el procedimiento que se realiza en los mapas del proyecto. Las empresas que desarrollan los programas diseñan las herramientas de acuerdo con las necesidades planeadas, por lo que es posible que la referencia de las coordenadas sea diferente en cada una de ellas y las herramientas funcionen de manera distinta.

Los procedimientos descritos se aplicaron en el desarrollo de los 34 mapas de la colección a través del software *Reality Capture* 1.4. Algunas de las características por las cuales se eligió fueron que permite el desarrollo de proyectos de corto alcance, es compatible con el equipo fotográfico disponible y la empresa (EPIC), que lo comercializa, tiene un programa educativo que permite usar la licencia en forma

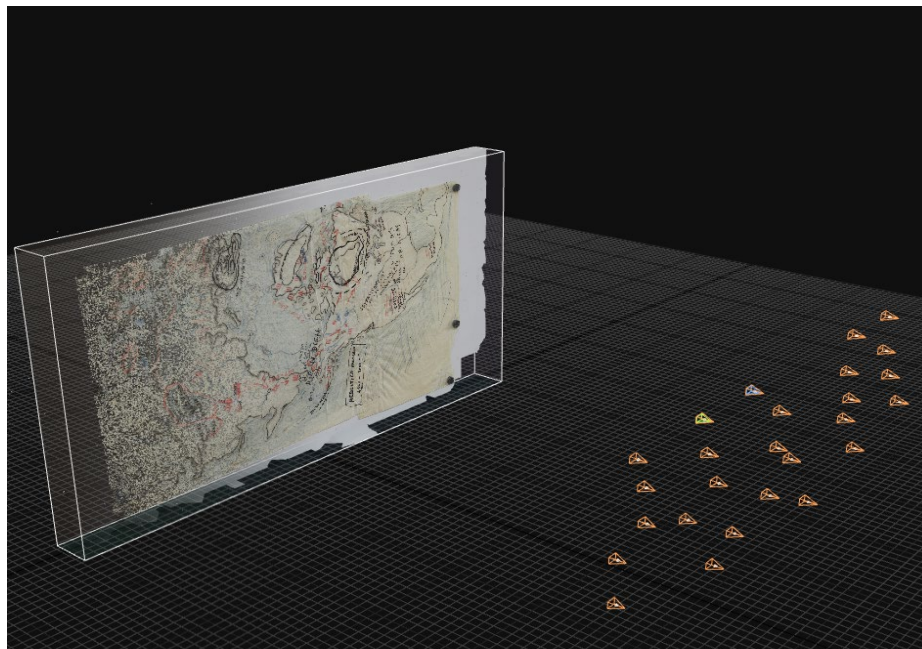
gratuita. Es importante destacar que los cálculos de orientación, geometría, textura e imagen ortogonal fueron de buena calidad y muy eficientes, adicionalmente, a partir de los metadatos de las imágenes RAW de la cámara, el programa calcula la distancia óptica del lente, la cual fue de 48 mm mientras, que el lente se mantuvo graduado a 50 mm; esta pequeña variación nos permitió determinar que es una buena herramienta.

El registro fotográfico es la materia prima para realizar el procesamiento fotogramétrico, por lo que es fundamental validar, antes de realizar el cálculo, la calidad de enfoque u otros defectos ópticos. Esta comprobación asegura, en gran medida, un buen resultado. Otro aspecto a considerar es que los mapas se registraron por secciones para definir el nivel de resolución final de la imagen, como se muestra en la Figura 5.

Al recorrer la vista de izquierda a derecha, se observa un movimiento de la cámara en forma lineal y se detecta, entre una toma y la siguiente, información que se sobrepone, lo cual es útil para lograr un ensamble sin errores y el resultado de la corrección geométrica en la imagen es precisa. Para comprobar la precisión de la corrección geométrica (véase figura 4) al procesar el registro fotográfico de la retícula y calcular la ortoproyección, se observó que la proporción de los cuadros es uniforme en todas las áreas de la imagen calculada.

Figura 8

Espacio de trabajo de Capture Reality



Nota. Al fondo, del lado izquierdo se observa un conjunto de puntos dispersos que indica el procedimiento inicial del cálculo y en el extremo derecho del mismo plano, se observa la construcción del mapa sobre una geometría. A la derecha las tomas fotográficas realizadas.

La Figura 8 muestra el ambiente de trabajo de Reality Capture y se observa que la posición del mapa con respecto a las múltiples tomas fotográficas tienen una orientación adecuada, es decir, la superficie y las cámaras mantienen una posición paralela y se resuelve la posición XYZ para cada una de las 26 posiciones en las que se ubicó la cámara. Éstas corresponden con el número de tomas realizadas para ese ejemplar; del lado izquierdo se muestra el cálculo del ensamble de las fotografías y se ubica al interior de una geometría mediante la cual se define el plano de ortoproyección.

4. RESULTADOS

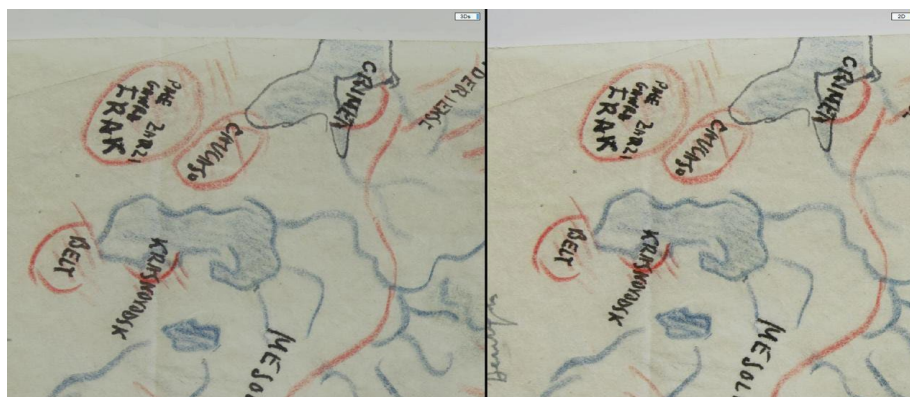
El producto material del trabajo interdisciplinario son 34 mapas inéditos, de naturaleza digital y en alta resolución, que forman parte de la amplia colección personal del arqueólogo y prehistoriador Pedro Bosch-Gimpera. El material es propiedad de Fondos Documentales del IIA y podrá ser consultado por la comunidad universitaria y público interesado en el siguiente enlace <http://cartografiabosch.unam.mx/>

Sobre la resolución de las imágenes digitales, se consideró que el material se consultaría en dispositivos como tableta, pantalla, computadora, etc., por lo que se consideró trabajar en la unidad, pixel por pulgada (PPI). Los equipos *Ultra High Definition* UHD 8K tienen tecnología de alta resolución, es decir, en toda el área de la pantalla muestra 7680 x 4320 px, el dato fue un parámetro para tenerlo de referencia al definir las condiciones de resolución, sin embargo, se superó utilizando la técnica de fotogrametría. Las pantallas 8K tienen una especificación de 117 PPI y los archivos de los mapas de gran formato en promedio tienen 802 PPI.

En la Figura 9, se observa a la derecha un segmento del registro de uno de los mapas y del lado izquierdo la imagen equivalente calculada, se destaca que el nivel de detalle puede describir con toda claridad las anotaciones con plumilla y los trazos con lápices de colores, no se observan diferencias que degraden la calidad del original, adicionalmente, las uniones de las secciones de los mapas no presentan defectos y esto se debe al procesamiento ortogonal de las imágenes.

Figura 9

Segmento de mapa para evaluar la resolución



Nota. El nivel de detalle que se obtiene en el registro es fundamental para que el resultado en el momento de realizar el cálculo fotogramétrico sea óptimo. A la izquierda, el resultado calculado y, a la derecha, la fotografía de un segmento del mapa antes de procesarlo.

Trabajar inicialmente con imágenes de alta resolución tiene múltiples ventajas, entre las cuales se encuentra que, al modificar a una resolución menor, los detalles tienen más oportunidad de conservarse, aunque siempre habrá pérdida. La información en alta resolución se conserva como archivos máster y se realizaron copias a una resolución 8K, las cuales son las ideales para distribuir y consultar en forma digital, pero puede ocurrir que, si la información se observa en un dispositivo de menor resolución, el archivo se ajuste a las condiciones.

5. CONCLUSIONES

El resultado del proyecto cumplió todas sus expectativas técnicas y se logró el objetivo propuesto, se obtuvieron mapas en formato digital de alta resolución sin dañar o maltratar el original en el momento de realizar el registro. Las pruebas realizadas inicialmente con los equipos disponibles para evaluar las capacidades técnicas y la definición de resolución tuvieron el acierto de equilibrar múltiples factores relacionados con el cuidado del material y la adaptabilidad para realizar el registro *in situ*. En este contexto, la metodología planteada en el presente reporte podría ser considerada como una opción para atender trabajos relacionados con la materia, actualizando algunas consideraciones sobre las herramientas empleadas o el mejoramiento de algunos procesos.

Es concluyente que la fotogrametría contribuye a la preservación digital de acervos u obras muy sensibles, así también se reconoce que la consulta de reproducciones digitales a través de los medios frecuentemente representa el primer encuentro con una obra (Reymond, et al., 2020), favoreciendo a un número mayor de personas para realizar consultas sin restricciones y, lo más importante, es que se evita cualquier riesgo al material.

Si bien, como en todo proyecto se presentaron algunos inconvenientes, estos fueron superados por la experiencia del equipo que se conformó para realizar las actividades designadas. No obstante, es recomendable actualizar el equipamiento de registro como la cámara fotográfica para favorecer las condiciones de resolución u otros avances en su tecnología. Por otra parte, el desarrollo de estrategias para automatizar el registro resultaría ideal, como el uso de rieles con desplazamiento dirigidos en forma remota, así también es conveniente capacitar a un equipo de apoyo para aumentar la producción.

En relación con el software fotogramétrico, es conveniente hacer revisiones continuas y analizar las diferentes tecnologías para evitar una dependencia a una herramienta específica.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente nuestro agradecimiento al Instituto de Investigaciones Antropológicas por la invitación a participar en el proyecto de la digitalización de su acervo.

REFERENCIAS

- Aber, J. S., et.al. (2010). *Small-format aerial photography: Principles, techniques and geoscience applications* (Elsevier. Ed.; 2010th ed., pp. 21–32) Elsevier Science.
- Arillo, J. R. (2021). Quality control of digital representations of manuscript texts: proposal of a standards-based method. *Open Information Science*, 5(1), 27–44. <https://doi.org/10.1515/opis-2021-0003>

- Autodesk.com. (s.f.). *Software de fotogrametría*. Recuperado en agosto 25, 2024, de <https://www.autodesk.com/mx/solutions/photogrammetry-software>
- Consejo de Cooperación Bibliotecaria, Grupo de Trabajo Estratégico para la Estrategia Nacional de Digitalización. (2021). *Estrategia Nacional de Digitalización 2022-2026*. Consejo de Cooperación Bibliotecaria. Recuperado en Octubre 1, 2024, de <https://www.ccbiblio.es/wp-content/uploads/Estrategia-Nacional-de-Digitalizacion-1.pdf>
- Comisión Europea. (s.f.). *Efectos de la luz artificial sobre la salud*. Europa.eu. Recuperado en agosto 20, 2024, de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/index.htm
- De Prado, A. A. (2014). *Cómo digitalizar nuestras fotos y documentos antiguos*. Manual de Genealogía | La genealogía hispana actual post a post; Blog de Genealogía Hispana. Recuperado de <https://www.genealogiahispana.com/tecnologia-y-software/como-digitalizar-nuestras-fotos-y-documentos-antiguos/>
- Distortion Image Quality Factors*. (2024). Image-engineering. Recuperado en octubre 8, 2024, de <https://www.image-engineering.de/library/image-quality/factors/1062-distortion>
- Fusiello, A. (2024). The pinhole camera model. In *Computer Vision: Three-dimensional Reconstruction Techniques* (pp. 15–33). Springer International Publishing.
- Global - Mediterránea&Geomática. (2018). *Fotogrametría, evolución y uso*. Recuperado de <https://www.globalmediterranea.es/fotogrametria-evolucion-uso/>
- Library of Congress, (s.f.). Loc.gov. Recuperado en agosto 2, 2024, de <https://www.loc.gov/preservation/resources/rfs/stilling.html#photodigital>
- Lone, M. I., et. al. (2021). Preservation of rare documentary sources in private libraries and religious institutions. *Global Knowledge Memory and Communication*, 70(8/9), 876–890. <https://doi.org/10.1108/gkmc-09-2020-0141>
- Manual de preservación, conservación y tratamiento de los documentos del archivo de concentración. (Español - 13 páginas). 2012, October 25. *Transparenciamorelos.mx*. Recuperado en agosto 14, 2024, de <http://www.transparenciamorelos.mx/sites/default/files/Manual>
- Manual de usuario Nikon D810. (Español - 530 páginas)*. (n.d.). Manuales.mx. Recuperado en agosto 9, 2024, de <https://www.manuales.mx/nikon/d810/manual>
- Mondal, D., & Das, S. (2023). Assessing Burdwan University Library Resources and Services by Postgraduate Students: A Study. *Asian Journal of Information Science and Technology*, 13(1), 8–15. <https://doi.org/10.51983/ajist-2023.13.1.3396>
- Multitec S.A. (2019). Multitec S.A. – Digitalización de Archivos Históricos [Video]. YouTube. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=6xJAeJX6a1l>
- O'donell, B., Sandoval, J., & Paukste, F. (2002). Capítulo 4 Fuentes Luminosas. In <https://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>. Universidad tecnológica Nacional y ELI (Efficient Lighting Initiative). Recuperado de <https://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>

Pavlidis, G. (2022). A photography primer. In *Foundations of Photography* (pp. 163–184). Springer International Publishing.

Preservation of historical records. (1986). National Academies Press. Recuperado de <https://www.proquest.com/docview/2130931085/bookReader?accountid=14598&ppg=17&sourcetype=Books>

Reymond, C., et.al. (2020). Aesthetic evaluation of digitally reproduced art images. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.615575>

Robledano A., J., et. al. (2021, septiembre 27). *Recomendaciones para proyectos de digitalización de patrimonio bibliográfico y fotografía histórica*. Consejo de Cooperación Bibliotecaria; CCB. Recuperado de https://www.ccbiblio.es/wp-content/uploads/RecomendacionesDigitalización-versión_prepublicación_27092021.pdf

Tomé. C. (2017). El papel viejo es amarillo. Cuaderno de Cultura Científica. Recuperado de <https://cultura-cientifica.com/2017/02/09/papel-viejo-amarillo/>

Zoë (Abbie) Teel. (2024). Artificial Intelligence's Role in Digitally Preserving Historic Archives. *Preservation, Digital Technology & Culture*, 53(1), 29–33. <https://doi.org/10.1515/pdct-2023-0050>

Grid UNAM, la experiencia en su implementación

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Frausto del Río, S. E. et al. (2024). Grid UNAM, la experiencia en su implementación. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (65 - 80).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.71>

Silvia Elizabeth Frausto del Río

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

silviafrausto@unam.mx

ORCID: 0009-0004-6781-2641

Eduardo Iván Ortega Alarcón

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

eduardo.ortega@unam.mx

ORCID: 0009-0008-8686-5350

María de Lourdes Velázquez Pastrana

Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación
Universidad Nacional Autónoma de México

mlvp@unam.mx

ORCID: 0009-0000-1445-2145

Resumen

Grid UNAM surgió como un proyecto coordinado por la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, para optimizar y consolidar el poder computacional distribuido en diversas entidades académicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. La metodología propuesta inició con la construcción de un prototipo en un entorno virtual, que transitó por un proceso de pruebas, evaluación y selección de herramientas y tecnologías, antes de lograr el diseño y

configuración base que se migró a los *clusters* de producción. Durante esta fase, el proyecto enfrentó y resolvió desafíos técnicos significativos, como la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, la gestión eficiente de los recursos compartidos y la implementación de medidas de seguridad robustas. Paralelamente, se desarrolló la normatividad necesaria para lograr acuerdos y convenir los lineamientos y las políticas para usar y compartir una infraestructura que involucrara diferentes capacidades y formas de trabajo, tanto humanas como computacionales. El resultado fue la creación de una infraestructura de cómputo distribuida en la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación, en los institutos de Astronomía (Ciudad Universitaria, y Ensenada), Ciencias Nucleares y Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático. Esta infraestructura permite compartir el poder de cómputo y de almacenamiento de *clusters* de alto rendimiento a través de la integración de diversas herramientas, como HTCondor-CE para la orquestación y compartición de recursos computacionales, SLURM para la gestión del sistema de colas, así como un sistema de autenticación basado en OpenID y SciTokens integrado con INDIGO.

Palabras clave:

Grid, HTCondor CE, SLURM, *cluster*, cómputo de alto rendimiento, normatividad TIC.

1. INTRODUCCIÓN

El supercómputo en la UNAM inició en 1991 con la instalación y operación de su primera supercomputadora conocida como Sirio, una máquina CRAY YMP/464 ubicada en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico, hoy Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (Acervo histórico del cómputo en la UNAM, 2009). A partir de entonces, se han adquirido máquinas con mejores capacidades de procesamiento y almacenamiento, hasta la actual supercomputadora central Miztli. Sin embargo, algunos institutos y centros de investigación, por iniciativa propia y en respuesta a sus necesidades, optaron por adquirir *clusters*¹ de cómputo de alto rendimiento, con una capacidad de procesamiento menor pero suficiente y dedicada a la atención local e inmediata de los proyectos científicos de sus comunidades. (Grid UNAM, s.f.)

Desde una visión institucional, la UNAM realizó una inversión de infraestructura de cómputo de alto rendimiento, distribuida inclusive entre *campi*, con posibles periodos de subutilización de estos recursos.

Según la Comisión Técnica de Grid UNAM (2023), las *grid** de cómputo de alto rendimiento han demostrado ser herramientas indispensables para el desarrollo científico en el mundo. En la Memoria UNAM 2010 (Ania, 2010), se menciona la participación de la universidad en proyectos relacionados con infraestructura de cómputo en *grid* para uso científico. Entre ellos, se identifican EELA (*E-science grid facility for Europe and Latin America*) y GISELA (*Grid Initiatives for e-Science virtual communities in Europe and Latin America*), dos de los proyectos en los que la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) junto con el Instituto de Ciencias Nucleares (ICN) y la FES Cuautitlán

1 Con el propósito de facilitar la lectura y comprensión de este trabajo, se anexará al final del reporte un glosario con los conceptos de algunos términos técnicos utilizados, los cuales se identificarán con un *.

sumaron esfuerzos para aprovechar recursos que la Unión Europea había brindado para el desarrollo de proyectos multi-institucionales.

Para impulsar la compartición de recursos computacionales que se encontraban disgregados en la universidad y buscar su optimización, la UNAM dispuso en su Plan de Desarrollo Institucional PDI 2019-2023, en el Programa 3.2 Investigación e Innovación, el proyecto 7 “Actualizar y consolidar la infraestructura de cómputo orientada a la investigación y capacitar al personal académico de todos los *campi* en materia de acceso y operación de los recursos existentes” (Graue, 2020).

Para la atención a este proyecto, la DGTIC, los institutos de Astronomía (Ciudad Universitaria, IA y Ensenada, IAE), Ciencias Nucleares (ICN) y Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC) trabajaron en la construcción de una red basada en la compartición de infraestructura de equipo de cómputo de alto rendimiento, aprovechando los recursos de Miztli y los de algunos de los *clusters* adquiridos en las entidades académicas, resultando con esta iniciativa la creación de Grid UNAM.

El objetivo general de Grid UNAM se definió como “Poner a disposición de la comunidad científica de la UNAM, el acceso al uso de recursos compartidos de cómputo de alto rendimiento para apoyar el desarrollo de sus proyectos de investigación, mediante una red que permita distribuir los trabajos entre los distintos recursos de cómputo y de almacenamiento que aporta cada entidad y dependencia participante” (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023).

Uno de los hitos fundamentales de este proyecto fue integrar el grupo técnico para el desarrollo de un prototipo, cuyo principal reto fue aprender sobre el funcionamiento de una *grid* computacional y afianzar ese conocimiento durante el diseño, configuración, instalación y pruebas de operación en los *clusters* que administraban, de forma que se pudiera tener acceso a los recursos que se comparten a través de la *grid* desde cualquiera de los nodos de acceso configurados en cada una de las entidades.

Los técnicos académicos e investigadores encargados de la construcción de esta *grid* surgieron de la Iniciativa de Cómputo de Alto Rendimiento y Uso de Supercómputo (ICARUS, s.f.), que integra a responsables de operar y administrar *clusters* HPC* en la UNAM.

La construcción de la Grid UNAM representó un desafío tecnológico y, sobre todo, logístico, que buscó consolidar el poder de cómputo distribuido entre las entidades participantes de la UNAM, interconectadas mediante una red de alta velocidad de 10 Gbps. El proceso de implementación involucró una investigación exhaustiva y una evaluación cuidadosa de las tecnologías más adecuadas para satisfacer las demandas de interoperabilidad y eficiencia en un entorno con *clusters* heterogéneos. Se optó por utilizar HTCondor-CE* como *middleware**, debido a su flexibilidad y capacidad para integrar diferentes sistemas de gestión de recursos, facilitando la unión de los *clusters* participantes en una única entidad lógica. SLURM* (SchedMd, s.f.) fue elegido como el sistema de colas dado su rendimiento y capacidad de adaptación a las necesidades específicas de cada *cluster*, permitiendo una gestión óptima de los recursos computacionales. Para el sistema de autenticación, se seleccionó INDIGO*, que utiliza un esquema de autenticación basado en OpenID* para el uso de tokens* que es el medio principal de autenticación del *middleware*, lo cual proporciona un nivel adicional de seguridad y control de acceso, fundamental en un entorno colaborativo y distribuido. MinIO* se integró como el sistema de almacenamiento, seleccionado por su capacidad de escalabilidad y su compatibilidad con las necesidades de almacenamiento requeridas para Grid UNAM (Lackschewitz et al., 2022).

Durante la fase de implementación, se analizaron y resolvieron asuntos de distinta complejidad, entre ellos, la integración de los diferentes sistemas de software y hardware, la gestión eficiente de los recursos compartidos entre las entidades participantes y la necesidad de asegurar tanto la estabilidad como la seguridad de la infraestructura. Sin embargo, una de las cuestiones más discutidas para lograr una logística consistente en la *grid* fue la unificación de políticas y métodos de administración de las entidades participantes, la cual fue resuelta gracias a la colaboración entre dependencias.

Este documento pretende compartir la experiencia de la implementación de esta infraestructura indicando las herramientas seleccionadas, algunas de sus características y formas de operación, así como las configuraciones, resultados de pruebas y puesta en operación de la *grid*, enfatizando siempre que la construcción de Grid UNAM fue obra del multicitado grupo de expertos.

2. METODOLOGÍA

Para la construcción de la *grid* en la UNAM, el Comité Académico de Supercómputo (CAS) aprobó el establecimiento de la Comisión Técnica de Grid UNAM, misma que coordinó tres grupos de trabajo: el de desarrollo del prototipo, el de construcción de la red de comunicación y el de desarrollo de la normatividad y lineamientos operativos para definir el uso de sus recursos en hardware, software y telecomunicaciones. Cada uno de estos grupos estableció hitos para el cumplimiento de sus objetivos específicos, siendo los de la construcción del prototipo y el desarrollo de la normatividad los que se revisarán a lo largo de este reporte.

3. DESARROLLO TÉCNICO

El grupo encargado de la construcción del prototipo fue integrado por personal de cada una de las entidades participantes de Grid UNAM. Esto permitió tener una visión completa de las necesidades de cada *cluster*, así como las políticas y metodologías de trabajo empleadas en cada *cluster* de cómputo de alto rendimiento.

Este grupo técnico de expertos estableció los siguientes hitos para el desarrollo del prototipo:

1. La definición de la solución para la compartición de recursos computacionales.
2. La definición del sistema de colas.
3. La autenticación y autorización de solicitudes.
4. La definición del sistema de almacenamiento a utilizar en la *grid*.
5. Posibles esquemas para la ejecución de trabajos.

a. Construcción del prototipo de *grid*

Para lograr los hitos propuestos, era necesario realizar pruebas en una infraestructura que fuera accesible por los *clusters* de todas las entidades participantes en la *grid*, con direcciones IP públicas y con un nombre de dominio. Para no interrumpir el servicio que brindaban los *clusters* de producción de cada entidad, se decidió implementar el prototipo en una infraestructura virtual, donde se utilizarían máquinas virtuales que pudieran simular el funcionamiento normal de un *cluster*: un nodo para someter trabajos a la *grid*

(nodo *submit*), un nodo de administración de recursos (nodo maestro) y dos nodos de cálculo para la ejecución de trabajos.

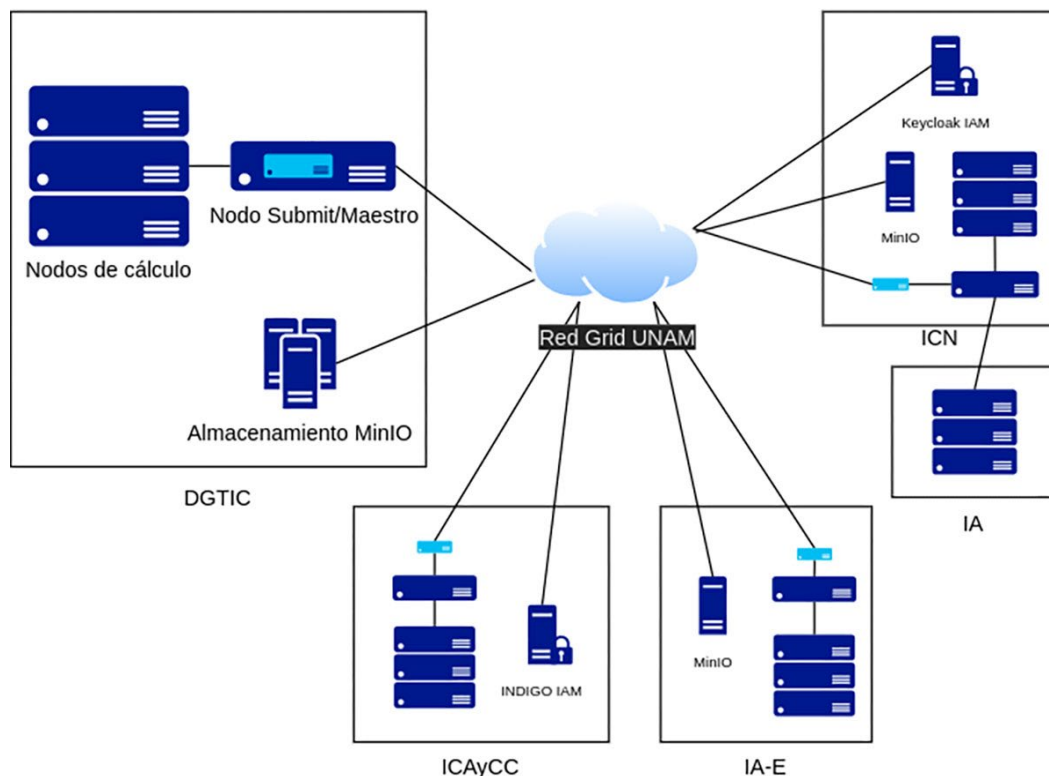
La infraestructura se creó con máquinas virtuales que disponían de 2 *cores* CPU, 2 GB de RAM y 50 GB de almacenamiento en disco local.

El objetivo principal del prototipo fue someter un trabajo sencillo en cualquiera de las entidades participantes, haciendo uso de cualquiera de los nodos *submit* configurados en la *grid*. La primera prueba consistió en ejecutar el programa *hostname* de GNU/Linux en cualquiera de los *clusters* virtuales de la *grid*. A esta prueba se le llamó el ejercicio del “Hola mundo”, haciendo referencia al ejercicio conocido entre programadores cuando se está aprendiendo un nuevo lenguaje de programación. Para ello, se configuraron las distintas capas de software, descritas más adelante, que hicieron posible que, desde cualquiera de los cuatro nodos *submit* de las entidades participantes, se sometiera un trabajo y se ejecutara en cualquiera de los *clusters* virtuales de la *grid*.

En la figura 1, se ilustra la arquitectura actual de la Grid UNAM. En cada uno de los *clusters* en producción, se dispone de los nodos de cómputo que se comparten en la *grid* y de nodos adicionales que brindan los servicios necesarios para la operación de la infraestructura, como el nodo *submit*, y el nodo maestro (en el caso de DGTIC, ambos servicios se encuentran en un mismo nodo).

Figura 1

Arquitectura general de Grid UNAM



También puede observarse que los *clusters* de IA-E, ICN y DGTIC cuentan con capacidad de almacenamiento (MinIO) accesible por toda la *grid* y que los servicios de autenticación los brindan los *clusters* de ICAYCC e ICN.

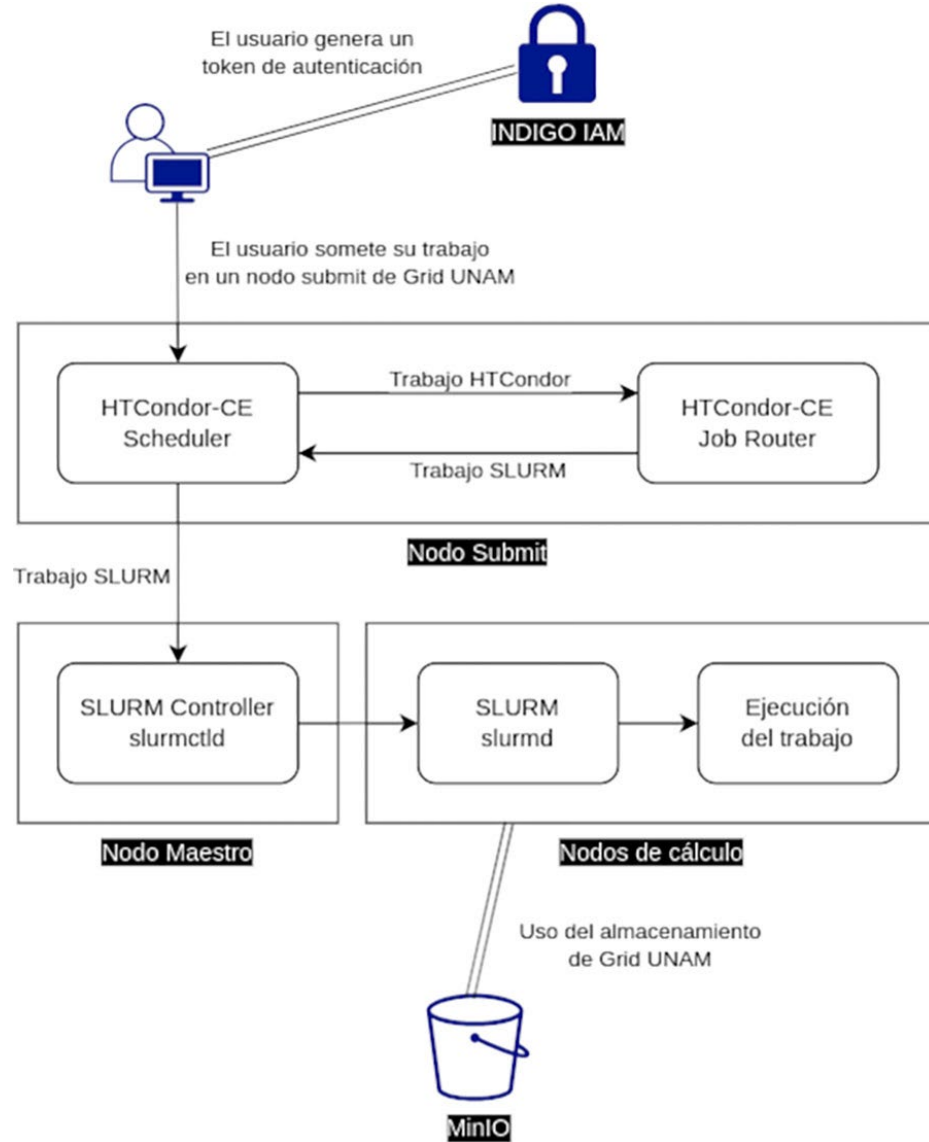
b. Sistema para la compartición de recursos computacionales

A partir de una investigación sobre el funcionamiento de otras *grids* como la OSG (*Open Science Grid Site Documentation, s.f.*), el grupo de expertos se dedicó a estudiar el software HTCondor*, antes conocido únicamente como Condor (Tannenbaum, 2012) y que, según Thain et al. (2004), desde su origen, HTCondor permite la administración de tareas, la creación de políticas para la distribución de recursos (*scheduler*) y la integración de sistemas heterogéneos. Debido a todas estas funcionalidades, el grupo técnico eligió HTCondor y su complemento HTCondor-CE (*compute entrypoint*), como el *middleware* para orquestar y distribuir el trabajo en la *grid*.

Como se mencionó anteriormente, existe un complemento de HTCondor llamado HTCondor-CE, el cual fue el software elegido para ser utilizado por la infraestructura de Grid UNAM. De acuerdo con (Bockelman et al, 2021), HTCondor-CE opera como una puerta de entrada de solicitudes de asignación de recursos (RARs por sus siglas en inglés), transfiriendo estas solicitudes al sistema de colas (*batch*) local. En una visión simplista, el CE es la puerta de entrada de las solicitudes provenientes de usuarios distantes que requieren la asignación de recursos computacionales. Para delegar las solicitudes de asignación de recursos, HTCondor-CE utiliza el demonio *Job Router* para transformar las tareas (*jobs*) de acuerdo con una política configurable. Otras características que distinguen a HTCondor-CE son su escalabilidad, contar con herramientas para depuración de tareas y soportar diversos tipos de sistemas *batch* (*Open Science Grid Site Documentation, s.f.*). La figura 2 ilustra el funcionamiento de HTCondor-CE en Grid UNAM.

Figura 2

Funcionamiento esquemático del envío de un trabajo con HTCondor-CE en Grid UNAM



En el caso de Grid UNAM, HTCondor-CE está conectado al sistema SLURM, el cual se encarga de gestionar la distribución y ejecución de los trabajos en los nodos de cálculo, asegurando un uso eficiente de los recursos disponibles. Adicionalmente, los nodos de cálculo pueden acceder al sistema de almacenamiento MinIO durante la ejecución de los trabajos, garantizando así un entorno de alto rendimiento y disponibilidad para la comunidad científica.

c. Definición del sistema de colas

Debido a la facilidad de utilizar el sistema de colas HTCondor y su complemento HTCondor-CE, el grupo técnico optó por utilizar esta combinación para comprender el funcionamiento del reenvío de trabajos entre el *middleware* y el sistema de colas. Gracias a la afinidad y transparencia que existe entre esta dupla, el trabajo técnico pudo enfocarse en la configuración del *middleware* y en su integración con el sistema de autenticación para abrir el paso a las pruebas de integración con otros sistemas de administración de recursos (LRMS por sus siglas en inglés).

Para verificar la operación entre HTCondor-CE y los sistemas de administración de recursos SLURM, PBS y LSF, también llamados sistemas de colas, el grupo técnico basó sus pruebas en la consulta de los *jobs* o los trabajos que estaban en ejecución en cada uno de los sistemas antes mencionados. Aunque con esto se había probado que el *middleware* HTCondor-CE soportaba la integración con distintos sistemas de colas, lo cierto es que dos de los *clusters* ya usaban SLURM y los otros dos no tenían inconveniente en usarlo, por lo que se analizó la posible migración de los *clusters* que integran la *grid* al sistema SLURM. Finalmente, el grupo técnico tomó la decisión de homogeneizar la infraestructura e instalar este gestor de recursos en todos los *clusters* de la *grid*, tomando en cuenta dos consideraciones importantes: 1) si en todas las entidades se tenía el mismo software para administrar los recursos, sería más fácil atender y resolver alguna anomalía; 2) todas las áreas universitarias participantes en la *grid*, planeaban migrar al sistema de colas SLURM en algún momento.

Las características más destacadas de SLURM son que es un software de código abierto, es tolerante a fallas, distribuye trabajos en *clusters* grandes o pequeños y es altamente escalable (Yoo et al., 2003). Para la distribución de las cargas de trabajo, SLURM designa recursos computacionales exclusivos y no exclusivos por periodos de tiempo que permitan la ejecución de los trabajos y media la asignación de recursos administrando una cola de trabajos pendientes. Funcionalidades específicas, como la contabilidad de uso de recursos, pueden activarse mediante tres *plugins* opcionales, que permiten el registro de los datos en texto plano o en una base de datos. Para la Grid UNAM, se consideró conveniente implementar el registro de la contabilidad de los trabajos en archivos en texto plano (Flores, 2024).

d. Autenticación y autorización federada

HTCondor-CE requiere de conexiones seguras para la autorización de envío de tareas, la autenticación de usuarios y despacho de trabajos. Debido a esto, su configuración soporta la utilización de certificados X.509 (SSL.com., s.f.) para autenticar conexiones SSL (*Secure Sockets Layer*), así como otros medios de autenticación como SciToken. En una primera fase, para el desarrollo de las pruebas, se utilizaron certificados X.509 emitidos por la Autoridad Certificadora de la DGTIC con éxito. Sin embargo, durante esta etapa se conoció que la nueva versión del software HTCondor CE sustituye la autenticación PKI por el uso de tokens.

Debido a esto, el grupo de expertos implementó la autenticación en Grid UNAM, con el sistema SciToken, como se expone en (Scitokens Organization, s.f.), ya que éste habilita ambientes federados para autorización y acceso en infraestructuras distribuidas de cómputo científico. (Soporte y atención a usuarios, s.f. y Withers, 2018).

Para operar como sistema federado, el grupo de desarrollo utilizó el proveedor de identidades creado para la Red Inalámbrica Universitaria (RIU) de nuestra universidad y, para la creación de tokens, lo asoció con el sistema INDIGO de administración de identidad y acceso (IAM por sus siglas en inglés).

e. La definición del sistema de almacenamiento a utilizar en la *grid*

La configuración inicial para el almacenamiento de los resultados que generaban los trabajos sometidos a la *grid*, consistió en un directorio compartido por medio del Sistema de Archivos de Red (NFS por sus siglas en inglés), que pertenecía al nodo *submit* de cada uno de los *clusters*, así como un directorio llamado */scratch*, en el que los trabajos que se ejecutan en un nodo disponen de una mayor velocidad de almacenamiento porque es un disco local de estado sólido de alto rendimiento. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de estos espacios resultaba insuficiente para cubrir las necesidades de los trabajos, por lo que se buscaron alternativas para atender los requerimientos de todas las entidades participantes.

El grupo técnico decidió probar el sistema de almacenamiento llamado MinIO por su capacidad de integración con el sistema de autenticación de Grid UNAM y por sus características de gestión de archivos a través de línea de comandos, lo cual facilita que los trabajos puedan acceder al sistema de almacenamiento mediante sencillas instrucciones.

Adicionalmente, como MinIO es un sistema compatible con la API de S3*, permite acceder al sistema de archivos desde cualquiera de las entidades participantes en la *grid*, almacenar los resultados de los trabajos a medida que se van generando, así como ofrecer la posibilidad de que pueda utilizarse como un sistema de almacenamiento externo, mediante el uso de su herramienta *mcli*, para poder leer archivos de entrada o copiar resultados finales.

f. Esquemas para la ejecución de trabajos

Para facilitar la ejecución de trabajos dentro de Grid UNAM, se adoptaron esquemas tradicionales que priorizan tanto la eficiencia como la flexibilidad en el manejo de los datos generados. Dichos esquemas permiten a los usuarios la posibilidad de compilar su código directamente en el trabajo sometido o utilizar alguna de las aplicaciones previamente instaladas para someter su trabajo.

Durante el proceso de envío, pueden especificar el uso del almacenamiento MinIO, lo que permite que los resultados se almacenen de manera persistente y sean accesibles desde cualquiera de los *clusters* que forman parte de la *grid* o, incluso, a través del sitio *web*. El almacenamiento local en el directorio */scratch* es utilizado de forma predeterminada por todos los trabajos sometidos a la *grid*, ya que permite una escritura de alta velocidad en comparación con el uso del sistema de almacenamiento masivo proporcionado por MinIO y, en el caso de DGTIC, la velocidad es aún superior gracias al uso de discos SSD de alto rendimiento; sin embargo, el espacio disponible en este directorio es limitado, por lo que los datos que se almacenan durante la ejecución son eliminados automáticamente una vez concluido el trabajo, optimizando así el uso del espacio. Los usuarios pueden realizar una copia de los resultados relevantes hacia el almacenamiento MinIO antes de que se eliminen, incluyendo una instrucción que transfiera automáticamente los resultados a MinIO.

Adicionalmente al esquema tradicional de envío de trabajos, la implementación del software Apptainer (Apptainer, s.f.) en todos los *clusters* de la *grid* posibilita la ejecución de aplicaciones dentro de contenedores, garantizando así la uniformidad y la estabilidad de los entornos de trabajo. Esta solución no sólo facilita la portabilidad de las aplicaciones, sino que también permite a los usuarios ejecutar un software que requiere configuraciones específicas o versiones particulares, ampliando considerablemente la flexibilidad y las capacidades operativas de Grid UNAM. Es importante mencionar que el grupo de expertos se inclinó hacia Apptainer debido a su compatibilidad con los diferentes sistemas operativos GNU/Linux de los *clusters* de la *grid* y por su capacidad para ejecutar aplicaciones en contenedores sin necesidad de contar

con privilegios de superusuario, lo que lo convierte en la opción ideal para el entorno de Grid UNAM. Además, el grupo de expertos encargado del desarrollo de la *grid* ya contaba con amplia experiencia en el uso de este software, lo que facilitó su implementación y aseguró un entorno de ejecución consistente para las aplicaciones, independientemente del *cluster* en el que se ejecuten.

g. Normatividad

Simultáneamente al desarrollo de las etapas que describen la creación del prototipo y su evolución hasta llegar a la infraestructura actual de la Grid UNAM, se formaron grupos de trabajo para elaborar la documentación requerida y determinar las normas de operación de los distintos grupos involucrados en este proyecto. En primer lugar, el Reglamento Interno de la Comisión Técnica de la Grid UNAM (CTG), en el que se delimitaron las funciones de la comisión, se precisó su integración y cuáles serían las responsabilidades de cada uno de sus miembros, se reguló la organización y el seguimiento de las sesiones, así como la toma de acuerdos de este grupo de trabajo, que ha estado dedicado principalmente a coordinar, constituir y reglamentar un nuevo modelo de servicio para la comunidad de investigadores de la UNAM.

Posteriormente, la CTG se encargó de la redacción de los “Lineamientos de conformación y uso de la Grid UNAM” (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023), cuyo propósito fue establecer las directrices para la colaboración y el uso de los recursos de la Grid UNAM. En este documento, se definieron y describieron los fundamentos para la conformación de la Grid UNAM, así como las responsabilidades correspondientes a cada grupo de acuerdo con el rol que le corresponde dentro de la *grid*, como: usuarios de entidades miembro, usuarios de entidades participantes, el gobierno y la operación de la *grid*.

Al mismo tiempo, se inició la discusión sobre las Políticas de uso del servicio Grid UNAM, la cual tomó casi un año y se trabajó con la finalidad de asegurar el uso y el manejo correcto de los recursos por parte de los usuarios y de los operadores del mismo, considerando la aplicación de los principios de la seguridad informática: confidencialidad, integridad y disponibilidad (Humayun, et al., 2020). La discusión en torno a las políticas contempló dos grandes rubros: los compromisos y las responsabilidades del servicio, que conciernen tanto a los usuarios como a los operadores del servicio. En ese sentido, se trataron aspectos relacionados con la asignación de recursos, las condiciones de uso de las cuentas y de los recursos asignados, el soporte técnico y el software de usuario. Se propuso que las responsabilidades se agruparan por tipo de participante, de tal forma que se dispuso un apartado para la mesa de soporte, otro para los usuarios y otro para los titulares de proyectos. La suspensión y cancelación de cuentas tuvo también su propio apartado al considerarlo un tema relevante tanto para usuarios como para operadores del servicio (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023).

h. Portal Informativo de la Grid UNAM

Uno de los hitos más relevantes para dar difusión a este proyecto fue la creación de un portal informativo² en el que los usuarios o interesados en este servicio puedan encontrar información sobre la normatividad, los proyectos que reciben o han recibido apoyo del servicio y la documentación sobre el servicio, tanto para usuarios y operadores como para quienes puedan estar interesados en colaborar o en acceder a los recursos disponibles en la Grid UNAM.

² <https://grid.unam.mx/>

El Portal Informativo de la Grid UNAM es el resultado de reuniones semanales en las que se realizó un trabajo académico y colaborativo, impulsado y coordinado por la CTG. De cada reunión se obtenía un documento con los textos y propuestas de diseño, que se pasaba a la persona responsable de construir el sitio web y de aplicar los cambios indicados, los cuales eran revisados en la siguiente reunión del grupo responsable del contenido. Este proceso iterativo duró poco más de seis meses y dio como resultado un trabajo que reitera el espíritu de cooperación y reciprocidad inherente a la *grid*, al integrar en este proyecto tanto a los representantes del CAS como a los de las entidades participantes, a los desarrolladores de la *grid* computacional y al personal de diversas áreas de DGTIC que participaron en el diseño del logo y de la página, en la revisión de estilo y en la construcción del sitio *web*. Alcanzar este hito dio paso a la publicación de la nota en Gaceta UNAM sobre la implementación de esta infraestructura (DGTIC, 2023).

4.RESULTADOS

A partir de las configuraciones operando en los *clusters* de alto rendimiento en producción de las entidades participantes, se planteó una invitación a investigadores de la comunidad científica para la ejecución de trabajos con el uso de esta infraestructura.

La invitación a un número cerrado de científicos resultó en la ejecución de proyectos de distintas áreas de conocimiento como química, sistemas planetarios e inteligencia artificial, cosmología, astrofísica, ciencia de datos, física de altas energías, ciencias de la salud y filogenética.

Los recursos para procesamiento y almacenamiento disponibles en la *grid* para el desarrollo de estas pruebas se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1

Recursos de procesamiento disponibles para la prueba en clusters en producción

ÁREA UNAM	UNIVERSITARIA	CAPACIDAD EN CORES	SERVIDORES	MEMORIA/SERVIDOR [GB]
LAMOD ICN		192	4	128
LAMOD IA		96	4	32
DGTIC-MIZTLI		256	8	256
ICN-DGTIC-ALICE		128	4	128
ICAyCC		96	4	64
IA-ENSENADA		64	2	512

Tabla 2

Recursos de almacenamiento disponibles para la prueba en clusters en producción

ÁREA UNIVERSITARIA UNAM	TIPO DE RECURSO	CAPACIDAD [TB]	SERVIDORES	MEMORIA/SERVIDOR [GB]
ICN-DGTIC- ALICE	S3	120	1	128
LAMOD. ICN	S3	2	1	16
IA-Ensenada	S3	50	1	16

En octubre de 2023, el CAS aprobó el uso de la infraestructura a siete de los proyectos que participaron en las pruebas iniciales. Se espera que en los próximos meses, tras la ejecución de cientos de trabajos y del análisis de resultados correspondiente, dichos proyectos empiecen a reportar la producción científica que lograron obtener con el uso de los recursos compartidos en la *grid*.

En cuanto a la operación, las pruebas de uso de la infraestructura han permitido detectar áreas de oportunidad para mejorar el funcionamiento de la estructura organizacional implementada en Grid UNAM, entre las que se pueden mencionar: la aprobación de solicitudes de cuentas nuevas en el sistema INDIGO, ya que, por el momento, depende de la aprobación manual a cargo de una sola persona, o la correlación entre cuentas de usuario de la *grid* y los propietarios reales de dichas cuentas, que se requiere para facilitar el reporte de la contabilidad de uso de recursos.

En lo que respecta a la estructura organizacional de la Comisión Técnica, a cargo de la Dirección de Sistemas y Servicios Institucionales de la DGTIC, ha sido de gran utilidad contar con la colaboración de otras áreas de la misma dependencia: la Dirección de Telecomunicaciones, responsable del diseño y de la supervisión de la construcción de la red a 10 Gbps que conecta a las cuatro entidades participantes; y la Dirección de Colaboración y Vinculación que contribuyó en la elaboración de la normatividad para la gobernanza de Grid UNAM.

5.CONCLUSIONES

Con la interconexión de estos *clusters*, a través de una *grid*, y con la participación de los investigadores invitados, se logró verificar la funcionalidad de esta infraestructura y abrir oportunidades a más comunidades científicas para el acceso a estas herramientas, sin limitarse a la disponibilidad de los recursos centrales de Miztli.

A partir de los resultados exitosos de este proyecto, la UNAM cuenta con una herramienta propia similar a las que, a nivel mundial, han demostrado su utilidad en el desarrollo científico y, gracias a ello, se está creando una comunidad universitaria especializada en *grids*, con el potencial de incidir en la formación de recursos humanos a través del Plan de Becarios de Supercómputo de la DGTIC y de la especialización en Cómputo de Alto Rendimiento del Programa de Posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación.

A partir de la ejecución de pruebas y de la interacción con los investigadores, queda claro que la infraestructura de Grid UNAM requiere de mantenimiento y monitoreo constante para asegurar su estabilidad y un uso óptimo de los recursos, con el fin de garantizar un soporte adecuado y sostenido. Asimismo, la renovación tecnológica es indispensable para mantener la *grid* a la vanguardia y que

pueda convertirse en una herramienta competitiva y escalable, capaz de contribuir al desarrollo de los proyectos de investigación afines a este modelo de cómputo distribuido y de fomentar el uso de este tipo de recursos computacionales entre la comunidad universitaria.

Como trabajo a futuro, se espera recibir retroalimentación de los usuarios para mejorar y concluir la documentación necesaria para facilitar el uso de la Grid UNAM. Mientras tanto, se logró establecer una infraestructura robusta y escalable que no sólo ofrece una plataforma complementaria para apoyar a la investigación científica en su necesidad de acceder a recursos de cómputo de alto rendimiento y de almacenamiento distribuido en la universidad, sino que también se ha convertido en una herramienta para fomentar el crecimiento académico del personal involucrado en su diseño y desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al grupo de técnicos académicos que diseñaron e implementaron la infraestructura de Grid UNAM: Álvarez I., Badillo V., Clemente J., Cruz P., Díaz L., Escobar L., Fernández J., Flores L., Hernández A., Hernández B., Itehua L., Murrieta E., Ortega E., Pantoja R., Sánchez E.; a los compañeros de DGTIC por todo el apoyo brindado durante el diseño y desarrollo del proyecto: Alavez C., Cano R., Castañeda L., Erazo K., González A., Santillán A., Vázquez A.; así como a los miembros de la CTG por la coordinación y el seguimiento para la implementación y puesta en operación de la infraestructura de Grid UNAM: Díaz L., Frausto S., García J., Nellen L., Ramirez A., Rodríguez R., Valenzuela O., Vega L., Velázquez M. Un agradecimiento especial a los titulares de los institutos de Astronomía, Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Ciencias Nucleares y de la DGTIC por las facilidades brindadas para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Acervo histórico del cómputo en la UNAM (2009). *50 años del cómputo en México Cap. 9 En la frontera de todos los laberintos Supercómputo*. Recuperado el 07 de agosto de 2024 de <https://www.historiadel-computo.unam.mx/wp-content/uploads/2023/11/TEMA-9-SUPER.pdf>
- Ania, I. (2010), Coordinación General de Planeación y Simplificación de la Gestión Institucional, *Memoria UNAM 2010: Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación* (6). Recuperado 07 de agosto de 2024 de <https://www.planeacion.unam.mx/Memoria/2010/PDF/12.4-DGTIC.pdf>
- Apptainer (s.f.) *Apptainer User Guide*. Introduction to Apptainer. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://apptainer.org/docs/user/latest/introduction.html#why-use-apptainer>
- Bockelman, B., Livny, M., Lin, B., & Prelz, F. (2021). Principles, technologies, and time: The translational journey of the HTCondor-CE. *Journal of Computational Science*, 52(101213), 101213. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101213>
- Comisión Técnica de Grid UNAM (2023). *Glosario*. Recuperado 7 de octubre de 2024 <https://grid.unam.mx/index.php/glosario/>
- Comisión Técnica de Grid UNAM (2023). *Portal Informativo de la Grid UNAM (2023)*. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://grid.unam.mx>
- Comisión Técnica de Grid UNAM (2023). *Lineamientos de conformación y uso de la Grid UNAM (2023)*. Recu-

perado 23 de agosto de 2023 de <https://grid.unam.mx/wp-content/uploads/2023/07/lineamientos2023.pdf>

Comisión Técnica de Grid UNAM (2023). *Políticas de uso de servicio de la Grid UNAM*. Recuperado el 23 de agosto de 2023 de https://grid.unam.mx/wp-content/uploads/2023/08/Políticas_grid.pdf

DGTIC (2023). Grid UNAM, red de cómputo de alto rendimiento. *Gaceta UNAM Ciudad Universitaria* 9 de noviembre de 2023. (5429), pp. 9. <https://www.gaceta.unam.mx/wp-content/uploads/2023/11/231109.pdf>

Durner, D., Leis, V., Neumann, T. (2023). Exploiting Cloud Object Storage for High-Performance Analytics. *Very Large Data Bases Conference VLDB*. Recuperado de <https://www.vldb.org/vol16/p2769-durner.pdf>

Flores, L. (2024). Contabilidad de recursos en sistemas de cómputo de alto rendimiento en la Grid UNAM. *Cuadernos Técnicos Universitarios De La DGTIC*, 2(1). <https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.1.31> (Original work published 13 de febrero de 2024)

Graue, E. (2020). *Plan de desarrollo institucional 2019-2023*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado 08 de agosto de 2024 desde https://www.planeacion.unam.mx/Planeacion/Apoyo/PDI_2019-2023.pdf

Grid UNAM. (s.f.). Universidad Nacional Autónoma de México. *Maqueta de prueba de una grid de cálculo masivo GridUNAM*. Recuperado agosto 23, 2023 desde <https://docs.google.com/document/d/1-5H3pfYk2IGlfzmGOBtd51TmweD4rAZW/edit#>

Humayun, M., Niazi, M., Jhanjhi, N. Z., Alshayeb, M., & Mahmood, S. (2020). *Cyber security threats and vulnerabilities: A systematic mapping study*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(4), 3171–3189. <https://doi.org/10.1007/s13369-019-04319-2>

ICARUS (s.f.). Universidad Nacional Autónoma de México. *Iniciativa de Cómputo de Alto Rendimiento y uso de Supercómputo*. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://www.icarus.unam.mx>

INDIGO IAM. (s.f.). *INDIGO IAM Documentation*. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://indigo-iam.github.io/v1.8.3/docs/overview/>

Lackschewitz, N. M., Krey, S., Nolte, H., Christgau, S., Oeste, S., & Kunkel, J. (2022). *Performance Evaluation of Object Storages (NHR2022)*. Gwdg.de. Recuperado el 23 de agosto de 2024, de https://gwdg.de/pdf/Performance_Evaluation_of_Object_Storages_NHR2022_.pdf

OpenID foundation. (2023). *Discover OpenID and OpenID connect*. Recuperado el 8 de octubre desde <https://openid.net/developers/discover-openid-and-openid-connect/>

Open Science Grid Site Documentation (s.f.). *HTCondor-CE Overview*. Recuperado el 23 de agosto de 2023 desde <https://osg-htc.org/docs/compute-element/htcondor-ce-overview/>

Scitokens Organization (s.f.). *Federated Authorization for Distributed Scientific Computing*. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://scitokens.org/>

SchedMd (s.f.). *SLURM Workload Manager Documentation*. Recuperado 23 de agosto de 2023 de <https://slurm.schedmd.com/>

- Soporte y atención a usuarios (s.f.). Universidad Nacional Autónoma de México. *Para operadores. Manejo de tokens*. Recuperado agosto 23, 2023 desde <https://docs.grid.unam.mx/operadores/manejo-tokens/>
- SSL.com. (s.f.). ¿Qué es un certificado X.509?. Consultado agosto 23, 2023 desde <https://www.ssl.com/es/preguntas-frecuentes/%C2%BFQu%C3%A9-es-un-certificado-x-509%3F/>
- Thain, D., Tannenbaum, T., and Livny, M.. (2004). *Distributed Computing in Practice: The Condor Experience*. Computer Sciences Department, University of Wisconsin-Madison. Recuperado 23 de agosto 2023 desde <https://htcondor.org/doc/condor-practice.pdf>
- Tannenbaum, T. (2012). [Condor-users] "Condor" name changing to "HTCondor". Mailing List Archives. University of Wisconsin-Madison. Recuperado agosto 23, 2023 de <https://lists.cs.wisc.edu/archive/htcondor-users/2012-October/msg00110.shtml>
- Withers, A., Bockelman, B., Weitzel, D., Brown, D., Gaynor, J., Basney, J., Tannenbaum, T., & Miller, Z. (2018). SciTokens: Capability-based secure access to remote scientific data. *Proceedings of the Practice and Experience on Advanced Research Computing*. <https://doi.org/10.1145/3219104.3219135>
- Yoo, A. B., Jette, M. A., & Grondona, M. (2003). SLURM: Simple Linux Utility for Resource Management. En *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 44–60). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/10968987_3

GLOSARIO

Cluster. Conjunto de computadoras que mediante conexiones y configuraciones especiales se logran unificar de manera que actúen como si fuese una sola computadora. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

Grid. Modelo de computación distribuida que surge para compartir un conjunto de recursos (hardware y software) entre un grupo de entidades geográficamente distribuidas, coordinadas, organizadas e interconectadas por redes de alta velocidad. A través de una capa de software (*middleware*), los recursos se pueden gestionar como una sola infraestructura. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

HPC (High Performance Computing). Modelo que se caracteriza por la ejecución de trabajos paralelos muy acoplados, que requieren un gran poder de cálculo intensivo y, como tales, deben ejecutarse dentro de un solo sitio y con interconexiones de baja latencia. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

HTC (High Throughput Computing). Modelo que permite a los usuarios la ejecución simultánea de un gran número de cálculos seriales o de memoria compartida; es decir, cálculos independientes o poco acoplados que utilizan desde uno hasta todos los núcleos de procesamiento de un solo nodo de cómputo, como puede ser el caso de los trabajos paramétricos. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

HTCondor. Es un software libre desarrollado por la Universidad de Wisconsin-Madison, con el objetivo de compartir recursos computacionales en un ambiente distribuido. (Thain, et al., 2004)

INDIGO. Es un software que administra el registro, autenticación, membresías y atributos de autorización en ambientes federados de autenticación. (INDIGO IAM, s.f.)

Middleware. Capa que permite que ciertas aplicaciones y componentes de software interactúen en una *grid*, teniendo en cuenta la seguridad, la gestión de datos, el envío de tareas y la recuperación de resultados de forma transparente desde el punto de vista de los usuarios. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

MinIO. Sistema de almacenamiento basado en S3, escalable y compatible con necesidades de almacenamiento masivo requeridas en *grid*. (Lackschewitz, et al., 2022)

OpenID. Es una forma fácil y segura para que las personas reutilicen una cuenta y un perfil de usuario existente de un proveedor de identidad como Apple, Google o Microsoft, para iniciar sesión en cualquier aplicación o sitio web que tenga habilitado OpenID, sin necesidad de crear un nuevo registro o contraseña. El usuario elige el proveedor, como Google, e ingresa su dirección de Gmail y contraseña para iniciar sesión (OpenID foundation, 2023). Para la implementación del proyecto Grid UNAM, se utilizó el proveedor de identidades creado para la Red Inalámbrica Universitaria (RIU) de la UNAM.

S3. Acrónimo usado para referirse al producto de *AWS Simple Storage Service*, que, al ofrecer una gran variedad de funciones, ha logrado convertirse en la API más usada para los servicios de almacenamiento en la nube. (Durner, et al., 2023)

SLURM (*Simple Linux Utility for Resource Management*). Es un sistema de administración de recursos y de tareas (también llamado sistema de colas), empleado en *clusters* HPC para gestionar el acceso a recursos de cómputo y organizar la carga de trabajo con la finalidad de optimizar el uso y el aprovechamiento de los recursos disponibles. (SchedMd, s.f.)

Token. Llave temporal que otorga un proveedor de identidad una vez que se haya realizado la autenticación del usuario para el acceso a los recursos y servicios. (Comisión Técnica de Grid UNAM, 2023)

Implementación de un sistema de gestión de conferencias

Información del reporte:

Licencia Creative Commons



El contenido de los textos es responsabilidad de los autores y no refleja forzosamente el punto de vista de los dictaminadores, o de los miembros del Comité Editorial, o la postura del editor y la editorial de la publicación.

Para citar este reporte técnico:

Orozco Cordero, R. M. et al. (2024). Implementación de un sistema de gestión de conferencias. *Cuadernos Técnicos Universitarios de la DGTIC*, 2 (4) páginas (81 - 91).

<https://doi.org/10.22201/dgtic.ctud.2024.2.4.73>

Raúl Mauricio Orozco Cordero

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
Universidad Nacional Autónoma de México
orozcora@unam.mx
ORCID: 0000-0002-4653-1160

Mónica Ocampo Uribe

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
Universidad Nacional Autónoma de México
mocampo@crim.unam.mx
ORCID:0009-0004-1120-6319

Claudia Estefani Laredes Flores

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
Universidad Nacional Autónoma de México
c.laredes@crim.unam.mx
ORCID: 0009-0007-8798-7387

Resumen

La organización de un evento académico es una tarea compleja donde intervienen un conjunto de actores con diferentes roles intercambiando información con flujos y dentro de procesos específicos. La implementación y uso del sistema de información *Integrated Digital Conferencing* (Indico por sus siglas en inglés), especializada en la gestión de congresos, demostraron ser un factor decisivo en la gestión exitosa del 3er Congreso sobre Violencias de Género, realizado en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México (CRIM UNAM) en noviembre de 2023, a cargo de la Dra. Sonia Frías Martínez¹.

¹ Consultable en el sitio: congresoviolenencias.crim.unam.mx.

Palabras clave:

Gestión de conferencias, congresos, eventos, CERN Indico.

1. INTRODUCCIÓN

Los eventos académicos (seminarios, congresos, foros y coloquios, entre otros) revisten gran importancia en las instituciones educativas, ya que permiten generar espacios para el intercambio de conocimientos sobre temas específicos entre las personas participantes. Su organización puede ser una tarea compleja, que requiere de una planeación, ejecución y supervisión cuidadosa (Ishak, et al., 2023).

En la UNAM, los eventos académicos son un medio para cumplir con las actividades sustantivas de docencia, investigación y difusión de la cultura (UNAM-DGECI, 2022). En el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), la tarea de organizar eventos académicos es cotidiana y se ha abordado de muchas maneras. Durante el periodo 2019-2023, se realizaron un total de 131 actividades de educación continua, lo que representa 2,955 horas en modalidad presencial, a distancia e híbrida, y un total de 745 sesiones (Lozano, 2023). Los procesos de organización de un evento académico implican la creación de bases de datos, la instrumentación de flujos de trabajo y facilitar el trabajo en ambientes colaborativos que actualmente pueden automatizarse, entre otros. Tradicionalmente se empleaban herramientas informáticas básicas (hojas de cálculo, procesadores de texto, correo electrónico, etc.), pero resultaban insuficientes para evitar errores, se generaba redundancia de la información y surgían problemas a la hora de consultar la información disponible. Esto hizo que se buscaran mejores soluciones y se encontraron varios sistemas de información para resolver este fin, llamados *Conference Management Systems*, (CMS por sus siglas en inglés).

Un CMS es un sistema de información cuyo objetivo es gestionar eficientemente la organización de eventos. Este sistema proporciona los medios para la presentación y promoción del evento, la recepción y evaluación de propuestas, la asignación de personas revisoras, la programación de sesiones de trabajo, así como la gestión de inscripciones y la comunicación con los participantes (Dias, et al., 2014).

El propósito de este reporte es compartir las experiencias obtenidas durante la implementación y gestión de un CMS para la realización del 3er Congreso sobre Violencias de Género.

2. ANTECEDENTES

El Congreso sobre Violencias de Género es un evento organizado por el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM), en colaboración con diversas instituciones nacionales e internacionales que abordan el estudio, la prevención y atención de las violencias de género. Este congreso se realiza cada tres años en el marco del 25 de noviembre, día en que se conmemora el Día Internacional de la Eliminación de la Violencia contra las Mujeres. Se han realizado tres ediciones del congreso 2017, 2020 y 2023.

En 2017, el congreso se realizó en formato presencial, participaron más de 70 ponencias en 17 mesas de trabajo. La recepción de ponencias se realizó a través de un formulario de Google y el contacto con los y las autoras se realizó vía correo electrónico. En 2020, se presentaron 180 ponencias en 35 mesas de trabajo (Lozano, 2021). Debido a la contingencia sanitaria por COVID-19, las sesiones de trabajo se realizaron en formato virtual. Este contexto implicó grandes desafíos tecnológicos y logísticos, como la virtualidad y el

desarrollo de un sitio web que permitiera gestionar el congreso. Este sitio web permitía la promoción del congreso, así como el registro de participantes, de ponencias y la publicación del programa del evento. Sin ser un sistema de información, este sitio automatizaba algunos de los procesos.

Debido al incremento de ponencias recibidas, en la tercera edición se solicitó mejorar la plataforma y, desde el equipo técnico, se buscó una plataforma para administrar el evento que permitiera publicar la convocatoria, recibir los resúmenes de las ponencias, enviar notificaciones automatizadas, asignar evaluadores a las mesas de trabajo, evaluar a doble ciego, publicar el programa, realizar el proceso de inscripción de ponentes y asistentes, así como compartir información relevante para dichas personas. Específicamente, se buscaba que fuera de fácil acceso e intuitiva, que permitiera evaluar a doble ciego las ponencias recibidas y que el sistema de notificaciones fuera accesible y eficaz.

3. IMPLEMENTACIÓN

La metodología utilizada para este proyecto fue la siguiente:

1. Delimitar los requerimientos de las personas organizadoras del evento y del área de Tecnologías de Información (TI).
2. Elegir el sistema de información más adecuado, disponible y vigente de acuerdo con la normatividad de la UNAM (DGTIC UNAM, 2022).
3. Crear un ambiente de pruebas para que las personas involucradas lo evaluaran. El ambiente de pruebas debía permitir hacer una simulación completa de los procesos.
4. Si la herramienta elegida no cumplía con lo solicitado por los organizadores, buscar otras opciones.
5. Si no se encontraba en el tiempo dado una solución adecuada, usar la solución del Congreso sobre Violencias de Género previo.
6. Crear un ambiente productivo con la solución elegida y usar la parametrización encontrada en el ambiente de pruebas.
7. Realizar pruebas en el ambiente productivo.
8. Entregar el CMS a los organizadores.
9. Acompañar al grupo operativo del sistema durante todas las etapas del congreso.

Los requerimientos del sistema CMS fueron:

- Publicación del sitio del evento
- Emisión de la convocatoria
- Registro de ponentes
- Registro de ponencias y/o propuestas
- Emisión de acuses de recibo vía correo electrónico
- Creación de roles y permisos

- Evaluación de ponencias
- Dictaminación de ponencias
- Organización de mesas de trabajo y asignación de coordinadores
- Registro de asistentes
- Cobro de cuotas de inscripción

Para encontrar el CMS adecuado, se consideraron las opciones que se presentan y desarrollan a continuación:

1. La solución *Drupal/WebForms* del sitio del 2do. Congreso sobre Violencias de Género.
2. La solución PKP OCS
3. Soluciones CMS encontradas dentro de los sitios de la UNAM. Durante este proceso se recibió el apoyo del Comité del Proyecto AWS UNAM 2023.

OPCIÓN DRUPAL/WEBFORM

El reto de contar con una herramienta informática, que se reporta en el presente documento, se había encarado en el año 2020, con la organización del 2do. Congreso sobre Violencias de Género. En ese momento, se optó por construir el sitio del evento en el manejador de contenidos *Drupal* e incorporar algunas funciones de registros de ponencias y asignación de mesas de trabajo usando el módulo *WebForm* y otros objetos de *Drupal*.

El módulo *WebForm* permite la creación de formularios personalizados y soporta características avanzadas como la lógica condicional y validación de datos (Smith, 2018), además de tener la principal ventaja de la configuración de notificaciones automáticas vía correo electrónico y la posibilidad de configurar roles y permisos para controlar el acceso y acciones permitidas, como la creación, edición y visualización.

Para dar formato a los distintos requerimientos de visualización de información filtrada, se utilizó el módulo *Views* de *Drupal*. Este módulo permite mostrar conjuntos de datos en diversos formatos, tanto de los tipos de contenido predefinidos, como los personalizados (Madal, 2020).

Esta opción fue de mucha utilidad para el 2do. Congreso sobre Violencias de Género e hizo que fuera considerada como una solución. Sin embargo, por múltiples deficiencias, motivó la búsqueda de otras opciones.

Por ejemplo, a veces se requería duplicar información al interior. Un caso fue la lista de mesas de trabajo, que tenían que replicarse como nodos de *Drupal* y como opciones de varios formularios. Esto hacía que el personal de TI tuviera que modificar objetos de *Drupal* durante los procesos productivos. Para evitar riesgos de pérdida de información, se tenía una versión paralela donde se hacían los cambios y luego se aplicaban. La plataforma lo podía hacer, pero no resultaba cómodo y se consideró que no era una buena práctica.

OPCIÓN PKP OCS

Open Conference Systems (OCS) es un software de código abierto para la gestión de conferencias académicas, desarrollado por el *Public Knowledge Project* (PKP), estaba diseñado para ser un sistema completo de gestión de múltiples conferencias, que incluía un componente completo de revisión por pares.

Este sistema se instaló y probó también en el año 2020. Derivado de la experiencia, se reportan los siguientes hallazgos: la interfaz no era amigable, los flujos de trabajo no se identificaban claramente y el *backend* requerido era obsoleto: por ejemplo, la versión que requería de PHP era la 5.x, que ya no contaba con soporte técnico (PHP: *Hypertext Preprocessor*, 2024). Sumado a esto, la solución no contaba con una versión activa y PKP anunciaba que no había planes de actualización (Public Knowledge Project, 2022).

OPCIÓN CMS INDICO

Indico (por sus siglas en inglés *Integrated Digital Conferencing*) es un software de código abierto desarrollado en 2004 por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (conocida por la sigla CERN) en colaboración con SISSA, la Universidad de Udine, TNO y la Universidad de Amsterdam. Es una herramienta que permite gestionar eventos complejos y cotidianos. Esta herramienta permite almacenar información, generar bases de bases de datos, realizar una revisión por pares, efectuar el pago de inscripciones (a través de PayPal), entre otras características atractivas (Mönnich, et al., 2017).

Se instaló un ambiente de pruebas que cumplió los requisitos dados por el software Indico, dicho ambiente se configuró como sitio web y fue entregado a la organización del congreso para realizar una simulación de todos los procesos requeridos.

4. SOLUCIÓN ELEGIDA

Una vez que se obtuvieron ambientes de prueba para cada una de las plataformas, se evaluó la parte técnica y operativa. A continuación la tabla 1 resume las consideraciones.

Tabla 1

Evaluación por criterio de las soluciones

Criterio	Solución		
	Drupal/WebForm	PKP OCS	Indico
Ciclo de recepción - revisión - dictaminación - aceptación de ponencias	regular	bien	muy bien
Organización de mesas de trabajo y asignación de coordinadores	bien	bien	muy bien
Registro de personas asistentes	bien	regular	bien
Solidez de la plataforma	regular	mal	muy bien
Facilidad de uso	regular	regular	muy bien

CICLO DE RECEPCIÓN - REVISIÓN - DICTAMINACIÓN - ACEPTACIÓN DE PONENCIAS

Evaluamos que las aplicaciones tuvieran la capacidad de registrar adecuadamente a los ponentes, que estos pudieran enviar las ponencias y recibir un acuse. Asimismo, que la organización del congreso pudiera revisar las ponencias y asignarlas a los dictaminadores. Estos debían ser capaces de revisar la ponencia y emitir su dictamen. El sistema debía de ser capaz de emitir la resolución al ponente. El grado de automatización de este proceso variaba en las herramientas, lo cual hizo ardua esta revisión.

ORGANIZACIÓN DE MESAS DE TRABAJO Y ASIGNACIÓN DE COORDINADORES

Evaluamos que las aplicaciones permitieran crear estas unidades de organización o algo semejante y, además, que se pudieran asignar coordinadores. En el congreso, los coordinadores también fungían como dictaminadores, por lo que se solía usar el mismo usuario.

REGISTRO DE PERSONAS ASISTENTES

Los asistentes debían de ser capaces de registrarse por sí mismos. Ninguna de las herramientas fue capaz de modelar las variaciones en tipos de participantes ni de automatizar los procesos de cobro de cuotas.

SOLIDEZ DE LA PLATAFORMA

Era importante que la plataforma fuera un software empaquetado, de modo que la recurrencia a plataformas externas para cumplir los procesos fuera mínima. Asimismo, las versiones del software y de los componentes del *backend* debían de ser vigentes.

FACILIDAD DE USO

Las herramientas debían estar en idioma español, ser compatibles con varios navegadores web y dispositivos móviles. Se usaron algunos de los criterios considerados dentro de la normativa de la UNAM (DGTIC - UNAM, 2022).

RESOLUCIÓN

Después de este ejercicio, fue evidente que la mejor solución era Indico de CERN. Esta solución imponía retos que no fueron considerados en la evaluación, en especial la curva de aprendizaje para la instalación y apropiación de la plataforma.

PROCESO DE INSTALACIÓN

Indico es una aplicación web cuyo paquete de instalación puede ser descargado desde el sitio web <https://getindico.io/getting-started/>. Para su instalación, se utilizó un servidor con la siguiente configuración:

Sistema operativo CentOS7 (se consideró inicialmente Ubuntu como una mejor alternativa, pero ninguno de los tres servidores disponibles fue adecuado) Este sistema operativo está disponible en: www.centos.org.

Manejador de base de datos PostgreSQL versión 13.10. Este software está disponible en: <https://www.postgresql.org/>.

Servidor web Nginx versión 1.20.1. Disponible en: <http://nginx.org/en/download.html>

Los pasos que se utilizaron para activar Indico fueron (Team Indico, 2021):

1. Activación de EPEL
2. Instalación de paquetería (PostgreSQL y Nginx)
3. Creación de la base de datos
4. Configuración de uWSGI & nginx
5. Creación de un certificado TLS
6. Configuración de SELinux
7. Instalación de Indico
8. Configuración de Indico
9. Creación de un usuario Indico
10. Instalación de LaTeX (para la generación de archivos PDF)

CONFIGURACIÓN Y GESTIÓN DEL EVENTO

Una vez realizada la instalación de Indico, se realizó la configuración visual del evento (Imagen 1), la cual consistió en seleccionar una gama de colores, los elementos gráficos, la tipografía y la organización del menú de inicio. Para ello se contó con el apoyo de un equipo de personal de diseño gráfico del CRIM. En el menú inicial, se agregaron los siguientes apartados: sitios de interés (memorias del 1er y 2do congreso, sesiones del segundo congreso y redes sociales del congreso), fechas importantes e información sobre el comité académico. Indico permite realizar actualizaciones en la estructura del sitio acorde a las necesidades del evento en sus distintas etapas.

Imagen 1

Página principal de 3er Congreso sobre Violencias de Género



22-24 de noviembre de 2023
Centro de Exposiciones y Congresos, UNAM
America/Mexico_City zona horaria

Introduzca su término de búsqueda

Inicio

- Programa 3er. Congreso Violencias
- Inscripción para ponentes
- Inscripción para público en general
- Ejes y Mesas
- Programa
- Fechas importantes
- Comité académico
- Sitios de interés
 - Memorias del 1er y 2do Congreso sobre Violencias de Género
 - Ver sesiones del Segundo Congreso sobre Violencias
 - Síguenos en redes sociales

El Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México invitan a presentar propuestas de ponencias o carteles para ser presentados en el *3er Congreso sobre Violencias de Género. Evidencias y mejores prácticas de intervención en México, América Latina y el Caribe.*

Objetivo del Congreso:

Generar un diálogo entre la academia, la sociedad civil, y los tomadores/as de decisiones para comprender las violencias de género. Se busca generar un espacio para presentar trabajos de investigación y/o intervención.

Ejes temáticos:

- Manifestaciones de la violencia de género. Contextos de relación y consecuencias
- Particularidades regionales, estatales e interseccionalidades
- Acciones institucionales, comunitarias y colectivas para prevenir, atender, sancionar y erradicar las violencias de género
- Debates actuales y metodologías
- Personas e instituciones generadoras de violencias de género

Modalidad: presencial

Para registrarte como asistente da clic aquí

Descarga el programa completo aquí

Nota: Tomado del *3er. Congreso sobre violencias de género* (2023). Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. <https://congresoviencias.crim.unam.mx/event/1/>.

La gestión del 3er Congreso sobre Violencias de Género en Indico comprende cuatro momentos: a) publicación de la convocatoria y recepción de trabajos; b) revisión de trabajos a doble ciego y emisión de dictámenes; c) publicación del programa; d) inscripción de ponentes y asistentes.

Previo a publicar la convocatoria, se debe configurar el apartado *programa*; esta sección permite agregar el primer bosquejo del programa final, en donde se colocan las temáticas que se abordarán en el congreso y que servirá en el proceso de recepción de trabajos para que los y las ponentes puedan elegir una temática en donde podrá presentarse su ponencia.

a) Publicación de la convocatoria y recepción de trabajos

Para publicar la convocatoria, se debe habilitar el apartado *convocatoria de resúmenes*, la cual permite programar la apertura y cierre de la recepción de los trabajos, personalizar las notificaciones y configurar el apartado de recepción de resúmenes. Este último punto permite especificar los tipos de participaciones

posibles dentro del congreso; durante el 3er Congreso sobre Violencias de Género, las opciones eran ponencias y presentación de póster. Además, permite agregar campos a los requerimientos del resumen que se enviará, por ejemplo, palabras clave y la temática a la que pertenece su trabajo.

b) Revisión de trabajos y emisión de dictámenes

Para la revisión de trabajos, Indico permite asignar revisores a cada temática. Asimismo, permite establecer los parámetros de evaluación a través de una serie de preguntas y una escala. Además, los trabajos son evaluados de forma anónima, es decir, sólo quien o quienes administran el evento y el propio revisor/a pueden ver evaluación y comentarios. Una vez que las personas han realizado sus evaluaciones, el administrador/a del evento emitirá el dictamen final de aceptación o rechazo de la convocatoria

c) Publicación del programa

Una vez finalizada la revisión y teniendo el programa final del Congreso, es posible actualizar la información en la página de inicio del evento.

d) Inscripción de ponentes y asistentes

Para realizar el proceso de inscripción, se agregaron dos opciones al menú principal: una para ponentes y otra para asistentes. En ambos casos, se proporcionó información sobre el método de pago y se solicitó completar un formulario de registro, el cual incluía información para generar las constancias de asistencia y adjuntar el comprobante de pago. Una vez completado el formulario, el equipo logístico se encargó de aprobar las inscripciones y, para ello, era necesario corroborar la información.

5. RESULTADOS

Producto de la elección de Indico, de su instalación, configuración y operación, se obtuvo un sistema de información completo y funcional que cumplió cabalmente con los requerimientos planteados. Las adecuaciones se hicieron durante el transcurso del proceso y sirvieron para adaptarlo a las particularidades de los procesos de nuestro Centro y del evento académico. El gran logro de este proyecto fue contar con un CMS a punto para la gestión del 3er Congreso sobre Violencias de Género.

En el evento se registraron:

- 339 usuarios
- 241 trabajos, de las cuales se aceptaron 169 (145 ponencias y 24 posters)
- 143 ponentes
- 38 temáticas o mesas de trabajo
- 118 asistentes

La herramienta resultó ser de gran utilidad durante los procesos de arbitraje, donde 31 personas pudieron revisar y evaluar las ponencias.

6. CONCLUSIONES

Contar con herramientas que faciliten la organización de eventos académicos, como el caso del sistema de información Indico, permite concentrar los esfuerzos en actividades propias de la academia. Durante la organización del *3er Congreso sobre Violencias de Género* en Indico, resultó ser intuitivo y de fácil acceso para las organizadoras del congreso, revisores/as y los y las ponentes. A nivel logístico, permite el adecuado flujo desde la publicación de la convocatoria para el envío de resúmenes, hasta la emisión de dictámenes; así como la colaboración con diversas personas.

Indico resultó de gran utilidad durante la gestión del congreso por la configuración de las notificaciones, la revisión de trabajos recibidos y el proceso tanto de inscripción, como de comprobación de los pagos. La configuración de las notificaciones permitió automatizar y generar diversas plantillas utilizadas en diferentes momentos del congreso. Lo anterior, disminuyó los procesos y minimizó los errores al enviar los mensajes a los y las ponentes. La revisión de trabajos recibidos posibilitó: asignar revisores a cada temática; sistematizar el formato de evaluación; generar un libro con los trabajos recibidos (que podía personalizarse y descargarse en formato CSV, XLSX y JSON); realizar evaluaciones a doble ciego; y emitir dictámenes transparentes basados en la revisión de pares. Todo lo anterior, con objetividad, honestidad e imparcialidad, como lo mandata el Código de Ética de la UNAM. El proceso de inscripción fue de gran apoyo ya que los/as participantes se encontraban familiarizados con el software. Una de las áreas de oportunidad de Indico es la opción de pago, ya que sólo puede realizarse a través de PayPal. Queda como un reto desarrollar un módulo alineado a los procedimientos institucionales de la UNAM o que los lineamientos permitan los cobros a través de Paypal.

Este caso de éxito nos ha permitido continuar el uso de Indico para la gestión de otros eventos académicos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Dra. Sonia Frías Martínez, coordinadora del *3er Congreso sobre Violencias de Género*, por habernos invitado a participar en este evento y por su acompañamiento en su desarrollo. Agradecemos también al Dr. Agustín Acevedo Anicasio, jefe del Departamento de Cómputo y Tecnologías de Información del CRIM, por el apoyo brindado a este proyecto y su oportuna intervención en la gestión de recursos. Por último, agradecemos a la Mtra. Nancy Escorcía Martínez, quien nos apoyó en el contexto de la Convocatoria AWS UNAM, 2023.

REFERENCIAS

- Dias, S., et al. (2014). *Web Platforms for Conference Management*. Procedia Technology. <https://doi.org/10.13140/2.1.3859.9049>
- DGTIC UNAM. *Guía para la evaluación y selección de soluciones de software* | Red de Responsables TIC. (2022). Recuperado de: <https://www.red-tic.unam.mx/guia-software>
- DGITC - UNAM, *Guía técnica - Usabilidad* | Visibilidad Web UNAM. (2022) Recuperado de: <https://www.visibilidadweb.unam.mx/guia/usabilidad>
- Indico Team, *Installation guides Production CentOS/CC7-nginx*. (2021). Recuperado de: <https://docs.getindico.io/en/3.2.x/installation/production/centos/nginx/>

- Ishak, W. H., et al. (2023). *A Comparative Review of Conference Management System. Journal of Technology and Operations Management System*. Journal of Technology and Operations Management. 18(2), 87-93... <https://doi.org/10.32890/jtom2023.18.2.7>.
- Lozano Ascencio, F. (2021). *Segundo informe de actividades*. CRIM UNAM.
- Lozano Ascencio, F. (2023). Cuarto informe de actividades. CRIM UNAM. Recuperado de <https://ru.crim.unam.mx/handle/123456789/1650>
- Mandal, D. (2020). *SUMMER FELLOWSHIP REPORT 2020* (Doctoral dissertation, IIT BOMBAY). Recuperado de: <https://static.fossee.in/fossee/fellowship2020/Fellowship-Reports/Web-Development/Web-Development-DolonMandal-FSF-2020.pdf>
- Mönnich, A., et al. (2017). Indico 2.0–The whole Iceberg. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 898, No. 10, p. 102017). IOP Publishing.
- PHP: Hypertext Preprocessor. (2024). Recuperado de: <https://www.php.net/supported-versions.php>
- Public Knowledge Project. (2022). Retired Software - Public Knowledge project. Recuperado de <https://pkp.sfu.ca/software/retired/>
- Smith, A. (2018). *Advanced Features of Drupal Webform*. CodeBooks.
- UNAM DGEI. (2022). *La UNAM*. <https://www.unaminternacional.unam.mx/es/unam>

CUADERNOS TÉCNICOS UNIVERSITARIOS DE LA **DGTIC**

ISSN en trámite



DGTIC UNAM
DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y
DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y DE
TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN