

editorial
fontamara



VERDAD, BELLEZA, PROBIIDAD

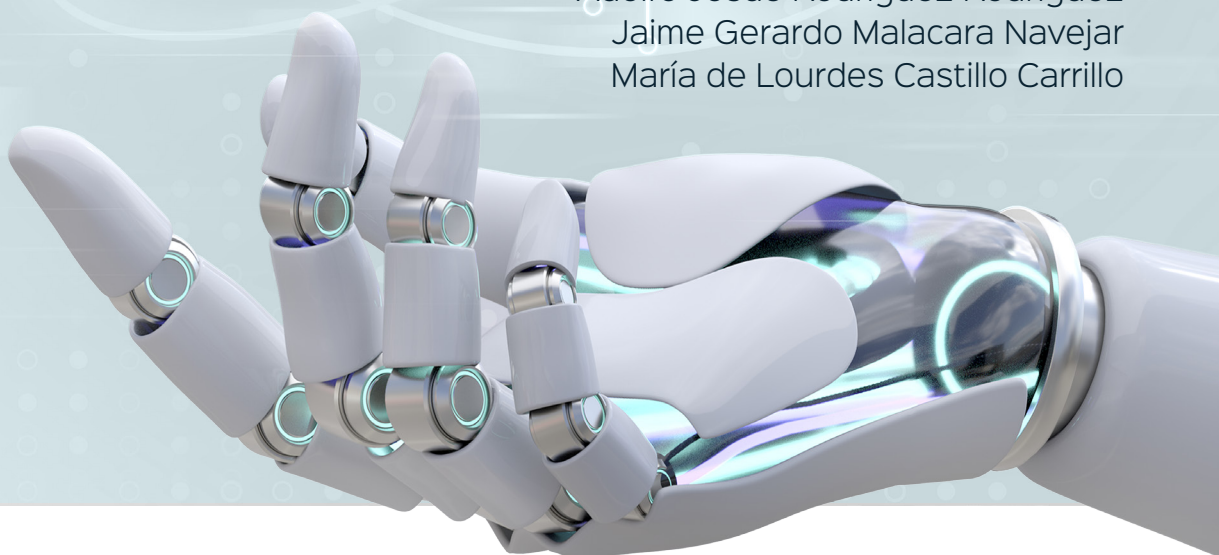
Tecnologías para la transformación DIGITAL en Tamaulipas

Coordinadores:

Adolfo Josué Rodríguez Rodríguez

Jaime Gerardo Malacara Navejar

María de Lourdes Castillo Carrillo



Tecnologías para la
transformación digital
en Tamaulipas

Tecnologías para la transformación digital en Tamaulipas / Adolfo Josué Rodríguez Rodríguez, Jaime Gerardo Malacara Navejar, María de Lourdes Castillo Carrillo coordinadores .—Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara , 2025. 142 págs. ; 17 x 23 cm.

Tecnología (ciencias aplicadas)

LC: T58.5 T4.3 2025

DEWEY: 600 UY

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros SN, Zona Centro
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000
D. R. © 2025

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2905
cpublicaciones@uat.edu.mx • www.uat.edu.mx • https://libros.uat.edu.mx/

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT
ISBN UAT: 978-607-8888-99-3

Editorial Fontamara, S.A. de C.V.
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México
Tels. 555659-7117 y 555659-7978
contacto@fontamara.com.mx • coedicion@fontamara.com.mx • www.fontamara.com.mx
ISBN Fontamara: 978-968-9729-18-1

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.

Libro digital

Esta obra y sus capítulos fueron sometidos a una revisión de pares a doble ciego, la cual fue realizada por especialistas pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Asimismo, fueron aprobados para su publicación por el Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Comité Interno de la editorial Fontamara.



Tecnologías para la transformación digital en Tamaulipas

Coordinadores:

Adolfo Josué Rodríguez Rodríguez

Jaime Gerardo Malacara Navejar

María de Lourdes Castillo Carrillo





MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
PRESIDENTE

Dr. Fernando Leal Ríos
VICEPRESIDENTE

Dra. Dora María Lladó Lárraga
SECRETARIA TÉCNICA

Mtro. Eduardo García Fuentes
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

CP Jesús Francisco Castillo Cedillo
VOCAL

MVZ Rogelio de Jesús Ramírez Flores
VOCAL

Comité Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodríguez** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marcano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

Índice

Prólogo	9
---------	---

Parte 1

Sensores y sistemas embebidos	11
-------------------------------	----

Capítulo 1

Ingeniería computacional aplicada al desarrollo de laboratorios-en-un-chip	13
--	----

Perla Lizeth Hernández Pérez, Christopher Samuel Ríos Ramírez,

Wenceslao Eduardo Rodríguez Rodríguez, David Tomás Vargas Requena y Alfredo Juárez Saldivar

Parte 2

Inteligencia artificial	41
-------------------------	----

Capítulo 2

Tecnologías de inteligencia artificial en la educación superior: beneficios, retos y estrategias de implementación	43
--	----

José Rafael Baca Pumarejo, Vicente Villanueva Hernández, Julio César Castañón Rodríguez

y Daniel Cantú Cervantes

Capítulo 3

Implementación de algoritmo genético para optimizar la difusión de eventos académicos por medio de correo electrónico	75
---	----

Victor Axel Mar Alexandre, Juan Carlos Huerta Mendoza, Sanjuanita Crescencia Ortiz Valadez

y Ramón Gerardo Tijerina Rodríguez

Parte 3

Plataformas digitales	95
-----------------------	----

Capítulo 4

HelpDex: innovando en la atención al cliente con una mesa de ayuda automatizada y correos transaccionales	97
---	----

Fernando Azael Díaz Echavarría, Hugo Eduardo Camacho Cruz,

Ma. de Lourdes Cantú Gallegos y Edgar Vicente Herebia Flores

Capítulo 5

Implementación de plataforma de bolsa de trabajo para mercado laboral para estudiantes de nivel superior

113

Esteban Aguirre Castillo, Ramón Gerardo Tijerina Rodríguez, Juan Carlos Huerta Mendoza y Luis Antonio García Garza

Capítulo 6

Aplicación informática para la optimización y medición integral de recolección de residuos sólidos urbanos en Reynosa, Tamaulipas, México

129

Marco Antonio Montalvo Hernández, Wenceslao Eduardo Rodríguez-Rodríguez y Lucía Terán Gutiérrez

Prólogo

De acuerdo con Aguilar (2015), las empresas requieren adaptarse a la economía digital, colaborativa e innovadora, con mecanismos como la cocreación, *crowdsourcing* y el *crowdfunding*. Rocasalvatella (2019) comparte que la transformación digital es la oportunidad de incorporar nuevas tecnologías para que el negocio sea más eficiente, por medio de ocho competencias profesionales: conocimiento digital, gestión de la información, comunicación digital, trabajo en red, aprendizaje continuo, visión estratégica, liderazgo en red y orientación al cliente.

Delgado (2021) expresa que se está produciendo una hipersociedad digitalizada. A su vez, Lombardero (2021) considera que la transformación digital se basa en la hibridación de productos físicos, servicios virtuales y personas de forma inteligente. Considerando dichos elementos, la gestión de la transformación digital en las organizaciones requiere del conocimiento tecnológico, estratégico y organizacional. Por esta razón, esta obra reúne trabajos de profesores, investigadores y estudiantes de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en el periodo 2022-2024 que contribuyen a la formación en competencias de la industria 4.0, con temas de energía, desarrollo sustentable, ciudadanía y personalidad digital. Se busca contribuir al proceso de transformación digital de los sectores estratégicos de Tamaulipas: energético, tecnológico, comercio internacional, turismo, inversión en infraestructura e industria manufacturera; promoviendo el uso de energías renovables. Este libro está compuesto de tres secciones: “Sensores y sistemas embebidos”; “Inteligencia artificial”; y “Plataformas digitales”.

En 2018, solo el 23 % de los corporativos mexicanos habían iniciado la digitalización de sus procesos, pero la contingencia por COVID-19 aceleró este fenómeno con el objetivo de no interrumpir las actividades productivas de México. La transformación en una organización permite aumentar las ventas, mejorar la calidad del producto, introducir nueva mercancía, ser eficiente en el servicio, incrementar la satisfacción del cliente, incrementar el compromiso de los empleados y reducir costos al migrar a aplicaciones flexibles. Por esta razón, es necesario investigar y desarrollar soluciones adecuadas a las necesidades de los clientes (*El Universal*, 2021).

De acuerdo con Ortiz (2022), las búsquedas en la *web* del término *transformación digital* en México, muestran un crecimiento anual compuesto del 50 % del 2015 al cierre del 2019, siendo Nuevo León, Ciudad de México, Tamaulipas, el Estado de México y Jalisco las entidades de México con más interés. Sin

embargo, aunque el 81 % de las empresas en el país han iniciado algún proceso de transformación digital, el 70 % de las iniciativas fracasarán, debido a que las organizaciones consideran que este proceso es lineal, cuando en realidad consta de tres etapas: digitalización, automatización y optimización.

La Universidad Autónoma de Tamaulipas contribuye al proceso de transformación digital de las organizaciones instaladas en el norte y centro de Tamaulipas.

Parte

1

Sensores y sistemas embebidos



Ingeniería computacional aplicada al desarrollo de laboratorios-en-un-chip

Perla Lizeth Hernández Pérez¹

Cristopher Samuel Ríos Ramírez¹

Wenceslao Eduardo Rodríguez Rodríguez^{1}*

David Tomás Vargas Requena¹

Alfredo Juárez Saldivar²

Resumen

La bioingeniería computacional consiste en el estudio y desarrollo de sistemas automatizados por medio de *hardware* y *software* para la transformación digital en el sector salud y en la vida diaria, generando soluciones innovadoras. En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema “laboratorio en un chip” (LOC) manufacturado mediante impresión 3D de polimetilmetacrilato (PMMA) con sensores de fibras ópticas que estudian fluidos. La metodología se basa en la fabricación de una celda microfluídica que permita mantener empotrado un sensor de fibra óptica durante la inyección y extracción de los analitos de estudio; el desarrollo de un sistema embebido que sirva como interfaz de comunicación entre la computadora y el LOC; el desarrollo de un instrumento virtual (interfaz gráfica) para el monitoreo en tiempo real por computadora de la temperatura del sistema experimental, además del control peristáltico, de enfriamiento y calentamiento a partir de los parámetros de operación ingresados. Los resultados muestran que el sistema opera con un flujo máximo de 51mL/min manteniéndose hermética la celda microfluídica, pero se recomienda emplear una velocidad moderada por debajo de los 30mL/min; la temperatura mínima que registra el sistema es de 10 °C y la máxima es de 75 °C. La estabilización del sistema eléctrico es óptima y se recomienda trabajar en un rango de 11 a 50 °C. Los beneficios de la tecnología desarrollada son: análisis de

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe.

²Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán.

* Autor de correspondencia. E-mail: wrodriguez@docentes.uat.edu.mx

sustancias en pequeñas concentraciones: proceso de fabricación automatizado y preciso; control de temperatura; transferencia de líquidos en tiempo reducido; diseño a la medida y empleo de materiales de bajo costo.

Palabras clave: bioingeniería, laboratorio-en-un-chip, microfluídica, sensor, fibra óptica, *software*, *hardware*.

1. Introducción

La transformación digital en la industria es una misión de todos los sectores para ser competitivos. Recopilar datos en medios digitales o instalar sensores que transmitan información, son ejemplos de esta modificación física. La evolución tecnológica se logra mediante conocimiento nuevo y el desarrollo de tecnologías aplicadas a sistemas de medición (Joyanes, 2018). A través de los años, diferentes configuraciones de dispositivos sensores se han propuesto para su uso en la automatización de industrias de proceso y manufactura, ingeniería experimental, control medioambiental, ahorro energético, automóviles, electrodomésticos, medicina o agricultura. Por este motivo, se han desarrollado diferentes configuraciones de dispositivos sensores resistivos, de reactancia variable, electromagnéticos, termoelectrónicos u ópticos para medir: temperatura, presión, flujo, caudal, nivel, fuerza, etcétera (Pallás, 2007).

En las últimas cinco décadas, la fibra óptica (guía de onda cilíndrica) ha sido un factor importante en los sistemas de comunicación y el desarrollo de sensores ópticos para el monitoreo de agentes tóxicos y procesos contaminantes. Esta fibra presenta ventajas, tales como: inmunidad a la interferencia electromagnética, dimensiones reducidas, peso ligero, bajas pérdidas, fácil multiplexación y resistencia a la corrosión y cambios de temperatura (Matias et al., 2016). Los sensores de fibra óptica se han utilizado para el monitoreo de parámetros químicos como el pH, el cloro, el cloruro, los nitritos, el nitrato, el fosfato; y físicos como la humedad, índice de refracción, voltaje, temperatura, presión, humedad, entre otros (Zhang et al., 2024; Yadav et al., 2024; Liu et al., 2024; Chen y Yang, 2024; Udd y Spillman Jr., 2024). Los sensores ópticos tienen potencial en el sector automotriz (Ibrahim y Petrik, 2024), eléctrico-electrónico (Berthold III, 2024), químico-petroquímico (Lin et al., 2024), aeroespacial (Moore, 2019), médico (Ngiejungbwen et al., 2024), sector energético (Shang et al., 2021) y agroindustrial (Faraco et al., 2024).

Esta creciente área de oportunidad para el uso de sensores de fibra óptica ha requerido innovar el proceso de fabricación utilizando materiales, equipos y herramientas de bajo costo, fácil adquisibilidad, dimensiones reducidas y seguridad en su uso. En los últimos años se ha propuesto integrar sensores en fibra óptica dentro de un encapsulado especial conocido como “laboratorio en un chip”

(LOC, por sus siglas en inglés *Lab-On-a-Chip*), que utiliza bajas concentraciones de líquido dentro de un sistema integrado, como un microprocesador, una tarjeta o un microcontrolador para realizar pruebas de laboratorio. Los líquidos pueden ser de origen biológico, químico o soluciones que contengan parte de células para el diagnóstico de enfermedades. Estos instrumentos suelen recibir también el nombre de instrumentos o celdas microfluídicas (Azizipour et al., 2020). Ejemplos de aplicaciones de los LOC a nivel mundial, son: diagnóstico de enfermedades virales (Zhu et al., 2020) como el COVID-19 (Tymm et al., s.f.), aplicaciones de descubrimiento de fármacos y biología, alimentos, operaciones militares remotas, atención médica domiciliaria, entre otros (Narayanamurthy et al., 2020).

La fabricación de LOC ha sido promovida en “pruebas de punto de atención” (POCT, por sus siglas en inglés *Point Of Care Testing*) que realizan las pruebas de laboratorio en el mismo lugar y tiempo donde el paciente recibe la atención médica para generar un diagnóstico y prescribir un tratamiento (Arshavsky-Graham y Segal, 2020). En este capítulo se muestra el trabajo realizado por estudiantes, profesores e investigadores del programa académico de Ingeniero en Sistemas Computacionales de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe (UAMRR) de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), referente al uso de la ingeniería computacional basada en programación de interfaces y puertos, diseño electrónico basado en sistemas embebidos e instrumentación virtual por computadora, para el desarrollo de sensores ópticos, específicamente en LOC.

El objetivo general de este trabajo es desarrollar un sistema LOC basado en sensores de fibra óptica para el estudio de fluidos líquidos manufacturados mediante impresión 3D utilizando el material biocompatible polimetilmetacrilato (PMMA). Los objetivos específicos son:

1. Fabricación de una celda microfluídica que permita mantener empotrado un sensor de fibra óptica durante la inyección y extracción de los analitos de estudio, considerando, las dimensiones de: la guía de onda, los canales donde circulan las muestras, los puertos conectores de entrada y salida, y el volumen de las muestras.

2. Desarrollo de un sistema embebido que sirva como interfaz de comunicación entre la computadora y el *hardware*, constituido por un microcontrolador Arduino®, así como, para la conmutación eléctrica del sensor de temperatura, de los actuadores como calentador, ventilador, peltier para el sistema térmico y peristáltico del sistema LOC.

3. Desarrollo de un instrumento virtual que sirva para el monitoreo en tiempo real por computadora de la temperatura del sistema experimental, además del control del sistema peristáltico, el de enfriamiento y calentamiento a partir de parámetros de operación ingresados mediante la misma interfaz.

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Ciencias y Tecnologías Computacionales de la UAMRR-UAT de enero de 2023 a abril de 2024, en colaboración con profesores, investigadores y estudiantes del Institute of Smart Cities de la Universidad Pública de Navarra (España). Contribuye a la generación de conocimiento nuevo en el diseño y desarrollo de LOC, utilizando conocimientos de las áreas de computación y tecnologías de la información: programación e ingeniería de *software*, arquitectura de computadoras, e interacción hombre-computadora.

2. Fundamentos teóricos

A continuación, se abordan los fundamentos de los sistemas LOC en aplicaciones químicas o biológicas. Primeramente, se describe su estructura básica y sus técnicas de manufactura. Después, se abordan la técnica de impresión en 3D y la instrumentación virtual utilizando un entorno gráfico de programación para el control por computadora mediante el *software* LabVIEW.

2.1. Sistemas peristálticos

Existen diferentes tipos de sistemas orientados al bombeo y transporte de líquidos, por ejemplo, irrigación, extinción de incendios, transporte de agua potable a zonas de difícil acceso, hidroelectricidad, entre otras aplicaciones. Sin embargo, estos sistemas no aíslan el líquido/analito de los otros elementos del sistema o del medio envolvente. Una bomba peristáltica o bomba de rodillos, consiste en un dispositivo eléctrico que transfiere líquidos de forma uniforme y controlada, evitando el contacto entre el líquido y la bomba. El principio *peristalsis* es la base del efecto de bombeo, tiene su fundamento en la compresión y relajación de la manguera, tubo o medio de transporte, moviendo el fluido a través de la manguera. Las bombas peristálticas transfieren sustancias químicas o biológicas y evitan contactos con elementos del medio envolvente (MRC Laboratory-Instruments, s.f.) y (Woodard, J., 2024).

2.2. Laboratorio-en-un-chip

El LOC es un sistema que está formado por componentes que se utilizan en laboratorios convencionales, pero a una escala mucho menor, milimétrica e incluso micrométrica, en determinado dispositivo. En efecto, la ingeniería computacional contribuye a la miniaturización de los componentes, permite contar con sistemas portátiles y facilita el proceso *in situ* para el análisis de muestras químicas o biológicas. Además, proporciona alternativas innovadoras para el control y manejo celular en sistemas fluidicos, ópticos, electrónicos y biológicos (Narayanamurthy et al., 2020). El primer diseño de un LOC se presentó en 1975. En las siguientes

décadas se realizaron investigaciones centradas en incorporar microfluídos para el análisis de muestras. León y Torrealba (2011) mencionan que es posible clasificar las aplicaciones de los LOC con base en: manejo de fluidos, manipulación de partículas, separación y clasificación de partículas, y manipulación de células, bacterias y virus. El presente trabajo aborda el criterio de manejo de fluidos. De acuerdo con León y Torrealba (2011), la estructura básica de un LOC microfluídico considera tres elementos:

1. Un dispositivo microfluídico para procesar la muestra.
2. Un microsensor detector de la partícula interés.
3. Un sistema de control y salida de los analitos de estudio.

De acuerdo con Qamar y Shamsi (2020), las principales técnicas de fabricación de los LOC para análisis de microfluídos, son: impresión en cera, sólida, de cribado, de inyección de tinta o 3D, fotolitografía, cortador de escritorio o láser, plotter de escritorio, moldes y horneado. En el presente trabajo se hace énfasis en la técnica de impresión en 3D para la fabricación del LOC.

2.3. Impresión en 3D

La impresión en 3D o tridimensional es un proceso de manufacturado aditivo, es decir, por capas, que genera un objeto físico previamente diseñado por computadora. Las capas finas de material se depositan y fusionan en plásticos, metales o cementos. Desde hace unos años, existen diferentes materiales que pueden ser utilizados, variando en calidad y propiedades. Los más usuales son, según Shahrubudin et al. (2019): cerámicas, metales, polímeros e hibridaciones. Los polímeros se pueden utilizar en prototipos como piezas funcionales empleando la técnica de modelado por deposición fundida (FDM, por sus siglas en inglés *Fused Deposition Modeling*), que hace uso de un filamento termoplástico extruído. Los polímeros más usuales para impresión tridimensional son el ácido poliláctico (PLA, *Polylactic Acid*), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS, *Acrylonitrile Butadiene Styrene*), polipropileno (PP, *Polypropylene*) y polietileno (PE, *Polyethylene*). En los últimos años se ha generado un creciente interés en el uso del polimetilmetacrilato (PMMA, *Polymethyl Methacrylate*) debido a que presenta una mayor resistencia al impacto y es más ligero que el vidrio, posee una mayor facilidad de moldear y la posibilidad de reparación en caso de rayado. Este material es un buen aislante eléctrico y es biocompatible con muestras biológicas como: proteínas, enzimas, antígenos, anticuerpos y ADN.

2.4. Instrumentación virtual

La instrumentación virtual por computadora, consiste en el empleo de *software* para diseño y *hardware* de medición modular para generar sistemas virtuales de instrumentación creados por el usuario. Un instrumento virtual (VI, por sus siglas en inglés *Virtual Instrument*) le permite al usuario: adquirir, almacenar, analizar, mostrar y comunicar datos, así como controlar procesos. Las ventajas de la instrumentación virtual, son: alta velocidad de procesamiento de datos, capacidad ilimitada de almacenamiento de datos, comunicación de datos a diferentes niveles y a altas velocidades, comunicación con instrumentos de medición externos e interfaces de adquisición de datos por diversos tipos de buses disponibles. En las últimas décadas, se ha empleado la programación o entornos gráficos de programación para el desarrollo de instrumentos virtuales. Uno de los principales entornos gráficos de programación es LabVIEW. La instrumentación virtual integra este entorno gráfico de programación con *hardware* especializado para crear soluciones que permiten al usuario adquirir, analizar y presentar datos en laboratorios de ciencia básica e ingeniería, en industrias y en centros de investigación, que permiten a profesionales de diferentes áreas trabajar en monitoreo y control de sistemas (Quiñones y Bernal, 2011).

En este trabajo se emplea la instrumentación virtual por computadora utilizando el entorno gráfico de programación LabVIEW para el monitoreo en tiempo real de la temperatura del sistema experimental, además del control de sistemas -peristáltico, enfriamiento y calentamiento- a partir de parámetros de operación ingresados mediante la misma interfaz.

3. Materiales y métodos

En esta sección se presenta el desarrollo tecnológico orientado al diseño de un LOC para sensores de fibras ópticas. Primero se describen la arquitectura general del sistema -*software* y *hardware*- y los elementos fabricados mediante impresión en 3D. Después se describen los criterios de selección de los materiales de manufactura.

3.1. Arquitectura general

Los sistemas embebidos han generado un creciente interés en el desarrollo de tecnologías industriales; son sistemas computacionales formados por *hardware* y *software* orientados a realizar una tarea específica. Contienen un microprocesador, un microcontrolador y puertos de comunicación (entrada y salida) para la obtención de información por medio de sensores y para controlar periféricos con base en la programación realizada (Rebound Electronics, s. f.). La arquitectura general de un sistema embebido se muestra en la Figura 1.

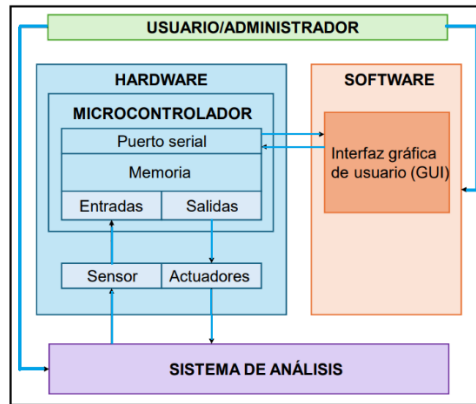


Figura 1. Arquitectura general de un sistema embebido

Fuente: elaboración propia.

El presente sistema microfluídico embebido contiene un *software* con una interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés *Graphical User Interface*), controlada y supervisada por el usuario. El *software* mantiene comunicación con la placa de desarrollo, que recibe señales de un dispositivo sensor ubicado en el sistema de análisis mediante los puertos de entrada. De esta manera, el microcontrolador activa las señales de salida para verificar diferentes actuadores localizados en el sistema de análisis que es supervisado por el usuario.

3.2. Sistema experimental

El diseño general del sistema está conformado por una computadora que permite al usuario introducir los parámetros de operación mediante la GUI desarrollada en el entorno gráfico de programación LabVIEW. Esta envía una señal de control al microcontrolador Arduino Nano para que active o desactive los actuadores conectados en los puertos de salida. Además, también controla la deposición de líquidos del sistema peristáltico CHONRY ® BT100LC a través de un adaptador hembra Db15. Los materiales se dividen en tres categorías: 1) El *hardware* empleado para desarrollar el sistema. 2) El *software* empleado para desarrollar el entorno que comunica al *hardware* para su supervisión. 3) Los materiales adicionales que se emplean como programas para el modelado de componentes del *hardware* y su postprocesamiento a código G. Los materiales y herramientas de la primera categoría se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción del hardware utilizado en el desarrollo del sistema microfluídico

Material/herramienta	Cantidad	Descripción	Precio unitario/proveedor
Fuente de alimentación	2	Fuente de alimentación CV variable 30 V 10 A	\$1 200 MXN Marca: LongWei Tienda: Amazon
Arduino Nano	1	Placa de desarrollo para controlar actuadores	\$120 MXN Marca: Arduino Tienda: Mercado Libre
Sensor	1	Termistor NTC 10K	\$35 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Resistencias	N/A	Resistencias de 10k Ω	\$2 MXN Marca: N/A Tienda: Steren
Ventilador	1	12 V 0. 2A .20 mm x 80 mm	\$180 MXN Marca: Thermalright Tienda: Amazon
Peltier	1	Tec1-12706 12v 6A 60W	\$70 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Disipador de calor	1	Dimensiones: 23.75 mm x 100 mm x 119 mm	\$150 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Calentador	1	Calentador E704 12v 30W	\$50 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Módulo MOSFET	3	D4184 Dual 5-36v 400W	\$35 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Regulador de voltaje XL4016	1	DC-DC 4-40V a 1.25-36V PWM ajustable 8A 200W	\$100 MXN Marca: HiLetgo Tienda: Amazon
Adaptador hembra Db15	1	Adaptador Hembra Db15 D-sub Vga Terminal C/ Clema Conector	\$200 MXN Marca: Practinet Tienda: Amazon

Material/herramienta	Cantidad	Descripción	Precio unitario/proveedor
Equipo de desarrollo	1	Almacenamiento: 1Tb M.2 Procesador: Intel™ Core ™ i7-10750H CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz. RAM: 32 Gb DDR5. Sistema operativo: Windows 10 Pro	N/A
Cable USB A-Mini B	1	Puerto serial	\$25 MXN Marca: N/A Tienda: Mercado Libre
Cable de cobre	N/A	Conexiones eléctricas	N/A

Fuente: elaboración propia.

De esta forma, se emplea una fuente de alimentación calibrada para cada función: una Arduino Nano para el control de señales de los actuadores y el sensor de temperatura. Los actuadores empleados son una celda peltier, un ventilador para el enfriamiento y un calentador para la función de acaloramiento. Para la celda se usa un módulo regulador de voltaje y un disipador de calor. Para la activación de cada actuador se utiliza un módulo MOSFET. El desarrollo incluye la programación de la GUI, un cable para las conexiones eléctricas y un cable USB para la comunicación serial con el Arduino Nano. Los materiales y herramientas de la segunda categoría se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción del *software* utilizado en el desarrollo del sistema microfluídico

Material/Herramienta	Versión	Descripción
LabVIEW 2021	2021	National Instruments
NI VISA 21.0.	21.0	National Instruments
Digilent MakerHub LINX	3.0.1.192	Digilent. Complemento de GUI para LabVIEW para comunicarse con plataformas embebidas como Arduino®

Fuente: elaboración propia.

El entorno gráfico de programación es el LabVIEW 2021, que relaciona el *hardware* con el sistema, el control y el monitoreo en tiempo real. Como complemento del *software* se instalaron las librerías NI VISA y LINX para la comunicación serial con Arduino Nano. Los materiales y herramientas de la tercera categoría se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de materiales adicionales utilizados en el modelado y ensamblado del sistema microfluídico

Material/Herramienta	Versión/Modelo	Observaciones
SolidWorks	2018	Dassault Systèmes
Creality Print	4.3	Creality
Impresora 3D	Creality K1	Equipo de impresión 3D
Filamento PMMA	1.75 mm	Polimetilmetacrilato. Mitsubishi. Material biocompatible para impresión de celda microfluídica
Filamento PLA	1.75 mm	Material de impresión para componentes adicionales del <i>hardware</i> del sistema
Placa de aluminio	1/2" x 25mm x 100mm	Para fabricación de celda microfluídica inferior
Tornillería	N/A	Tornillos socket de 6-32 x 1/2 para ajustar celda superior e inferior de celda superior e inferior

Fuente: elaboración propia.

SolidWorks, el *software* de diseño asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés *Computer Aided Design*) permite diseñar los componentes del sistema y convertirlos a formato STL para su postprocesamiento a código G. También se emplea el *software* Creality Print que permite generar el código G para impresión 3D. Los filamentos utilizados son PMMA para las celdas microfluídicas, ya que son aislantes eléctricos y biocompatibles con: proteínas, enzimas, antígenos, anticuerpos y ADN; y PLA para la impresión de elementos adicionales de la carcasa debido a su bajo costo y a que no requiere de propiedades biocompatibles. El equipo empleado es una impresora Creality K1. Se fabricaron los materiales en 3D: una celda microfluídica inferior fabricada en aluminio; una celda superior de dos puertos y dos conectores para manguera impresos en PMMA. Además, se diseñó una carcasa para el sistema eléctrico y se fabricó en PLA mediante impresión en 3D.

4. Diseño y experimentación

4.1. Secuencia de trabajo del sistema experimental

A continuación, se describe la secuencia del sistema experimental en función de los parámetros de operación definidos por el beneficiario. Primero, el usuario verifica las conexiones. Después, ingresa los parámetros de temperatura en los que se pretende operar el sistema, es decir, una temperatura mínima y máxima en función del tipo de sustancias analizadas. Enseguida, el usuario activa la fuente de

ya que activa y desactiva los actuadores del sistema experimental. La fuente de alimentación proporciona energía a los actuadores. El sistema peristáltico, es el responsable del proceso de transferencia de líquidos hacia las celdas del sistema embebido desarrollado, en cada momento que el usuario requiera activar o desactivar el proceso mediante la GUI.

4.3. Desarrollo del sistema experimental

A continuación, se describe el *hardware* del sistema desarrollado (Figura 3).

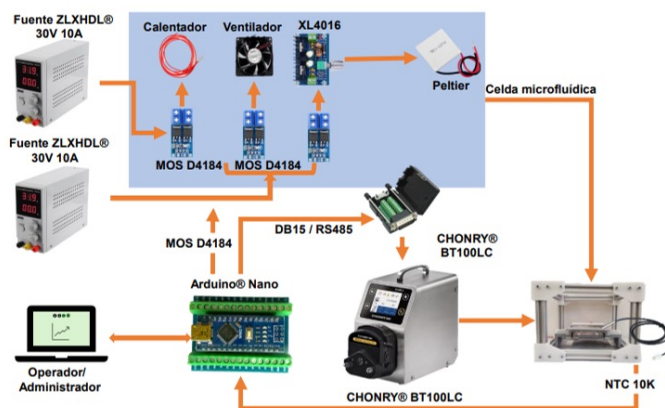


Figura 3. Arquitectura del sistema experimental

Fuente: elaboración propia.

El sistema eléctrico está formado por un Arduino Nano que, mediante el puerto serial, establece la comunicación con la GUI. El sensor de temperatura NTC 10K envía la señal al Arduino Nano que activa o desactiva los actuadores para calentamiento o enfriamiento de acuerdo con la función a realizar. Para esto, se cuenta con tres módulos MOSFET D4184. En el supuesto de que la temperatura sea menor a la mínima definida por el usuario, se activa a través de la GUI el módulo MOSFET correspondiente al calentador. Por el contrario, si la temperatura es mayor a la mínima, se activa el sistema de enfriamiento -un ventilador y una celda peltier-. Para regular el voltaje óptimo, se cuenta con un módulo regulador de voltaje XL4016 previamente calibrado.

En la Figura 4 se muestra la carcasa del sistema, fabricada en PLA debido a que no se requiere biocompatibilidad para las conexiones eléctricas, permitiendo una reducción del costo de fabricación. La carcasa del sistema consta de 12 elementos diseñados para cada componente eléctrico con el propósito de mantener una organización adecuada y segura para el usuario:

1. Base para Arduino Nano
2. Base para módulo XL4016
3. Base para módulo MOS D4184
4. Salida para conexión de Arduino Nano
5. Salida para conexión a fuente de alimentación
6. Salida para conexión a actuadores
7. Salida para perilla de regulador de voltaje
8. Sujetador de cables X3
9. Sujetador de cables X2
10. Sujetador de cables X1
11. Rejillas de ventilación
12. Tapa del sistema eléctrico

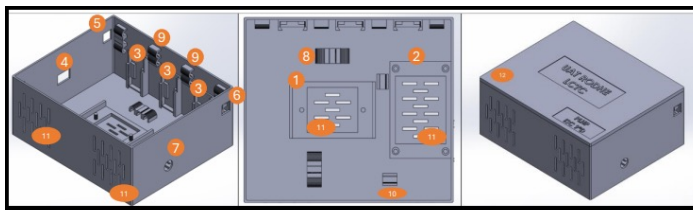


Figura 4. Carcasa del sistema desarrollado

Fuente: elaboración propia.

Por último, se muestra en la Figura 5 el diseño de la celda microfluídica de PMMA para el proceso de análisis de líquidos. Esta considera 3 elementos: celda inferior, celda superior y conector de manguera.

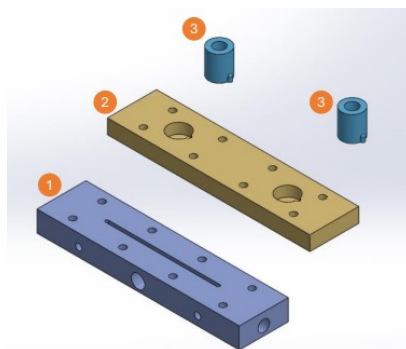


Figura 5. Celda microfluídica desarrollada

Fuente: elaboración propia.

La celda inferior es de un canal con un puerto de entrada y otro de salida. Se resalta el uso del material de PMMA para la fabricación de la celda superior debido a su biocompatibilidad, dado que se requiere una respuesta biológica aceptable para evitar efectos no deseables al analizar las muestras. Los dos conectores de silicona que soportan la manguera cuestan \$0.01 dólares cada uno si se imprimen en 3D, además, tardan 10 minutos en ser creados. En el mercado pueden costar hasta \$10 dólares. En la Figura 6 se muestran las medidas (en milímetros) externas del sistema microfluídico.

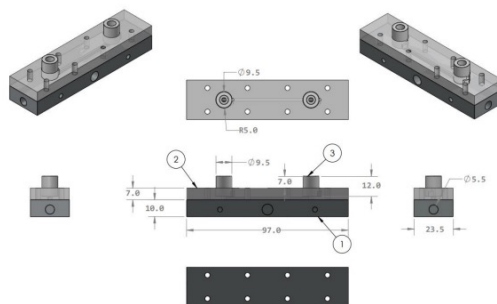


Figura 6. Dibujo técnico del sistema LOC microfluídico

Fuente: elaboración propia.

4.4. Instrumento virtual

A continuación, se describen los elementos de la GUI empleada en el sistema experimental que permite visualizar la información del sistema embebido y controlar los procesos de encendido, apagado, control de temperatura, indicadores, etcétera. En la Figura 7 se muestra el panel frontal de la GUI que incluye: los controles del puerto serial, de la temperatura y del sistema peristáltico, monitoreo de temperatura e indicadores de actuadores activados.



Figura 7. GUI para controlar y monitorear temperatura y sistema peristáltico

Fuente: elaboración propia.

4.5. Resumen de diseño y experimentación

El *hardware* y *software* que da sustento a la tecnología desarrollada en este capítulo, permite generar un ambiente controlado y hermético en el diseño de LOC. La manufactura de las celdas microfluídicas por medio de la impresión en 3D utilizando materiales biocompatibles como el PMMA, contribuye a un tiempo de fabricación reducido, automatizado y reproducible. Además, la construcción de la carcasa para el sistema eléctrico también se logra con rapidez gracias al uso de diseños de código libre y la impresión en 3D. En la siguiente sección se presentan los resultados de las pruebas experimentales del sistema LOC, específicamente la transferencia de líquidos y el sistema térmico.

5. Análisis de resultados

En esta sección se presentan los resultados de la etapa de experimentación. Se realizaron cuatro pruebas para evaluar los modos de operación de transferencia y dos para identificar el grado de estabilidad del sistema eléctrico en el modo de calentamiento y enfriamiento. El primer ensayo utiliza el modo *transfer* con el objetivo de cronometrar el tiempo requerido en la operación máxima. La segunda consiste en configurar el tiempo y la cantidad de líquido a transferir mediante el modo *filling*, observando el volumen transferido. La tercera prueba utiliza el modo *timing* con la finalidad de transferir pequeños volúmenes en intervalos de tiempo definidos. La cuarta analiza la precisión del *filling* en la transferencia de cantidades menores a 25 mL. El quinto ensayo evalúa la respuesta térmica del sistema en modo de enfriamiento con la finalidad de conocer el tiempo que le toma al sistema en disminuir la temperatura proveniente del ambiente (aproximadamente 23.35 °C). Finalmente, la sexta examina el desempeño del instrumento virtual para el sistema de calentamiento, registrando el tiempo que le toma al sistema en incrementar la temperatura de forma controlada.

5.1. Prueba 1: modo transferencia

Esta se lleva a cabo mediante el modo de operación de transferencia del sistema peristáltico BT100LC de CHONRY con los parámetros de velocidad a un flujo de 51 mL/min (velocidad máxima) equivalente a 100 revoluciones por minuto (RPM). La Figura 8 muestra su estado inicial.



Figura 8. Prueba 1 en su estado inicial (100 RPM - 51 mL/min)

Fuente: elaboración propia.

El análisis consiste en transferir cuatro cantidades de líquido y cronometrar el tiempo de transferencia. Los resultados se presentan en la Tabla 4 y en la Figura 9.

Tabla 4. Caracterización de la prueba 1

Cantidad (mL)	Tiempo (seg)	RPM
50	59	100
100	118	100
150	176	100
200	235	100

Fuente: elaboración propia.

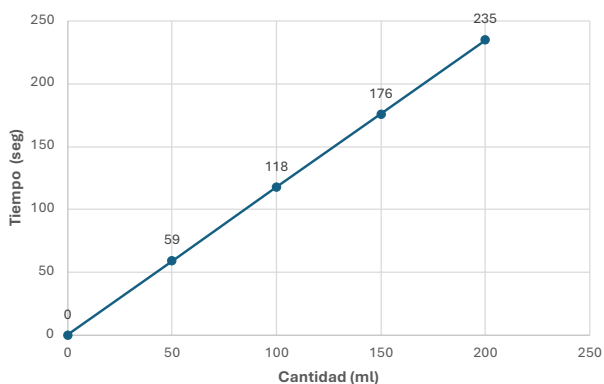


Figura 9. Caracterización de la prueba 1

Fuente: elaboración propia.

5.2. Prueba 2: modo *filling*

Consiste en transferir las mismas cantidades de líquido de la prueba 1 en 120 segundos, mediante el modo de operación *filling*, que permite configurar el tiempo y la cantidad de líquido a transferir (Figura 10).



Figura 10. Prueba 2 modo de operación *filling*

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 5 muestra las cantidades y el flujo en cada transferencia.

Tabla 5. Caracterización de la prueba 2

Cantidad (ml)	Flujo (mL/min)	RPM	Tiempo (seg)
50	25	49	120
100	50	98	120
150	51	100	176.4
200	51	100	235.2

Fuente: elaboración propia.

5.3. Prueba 3: modo *timing*

La tercera prueba se observa en la Figura 11 y consiste en el modo de operación *timing*, en donde se transfieren pequeñas cantidades de líquido por la celda microfluídica en 120 segundos.



Figura 11. Prueba 3 en modo de operación *timing*

Fuente: elaboración propia.

Se estableció el flujo en diferentes velocidades, el tiempo en 120 segundos. La cantidad transferida y las revoluciones por minuto fueron variando. Los resultados se muestran en la Tabla 6 y en la Figura 12.

Tabla 6. Caracterización de la prueba 3

Flujo (mL/min)	Tiempo (seg)	RPM	Cantidad (mL)
5	120	9.8	10
10	120	19.6	20
25	120	49	50
50	120	98	100

Fuente: elaboración propia.

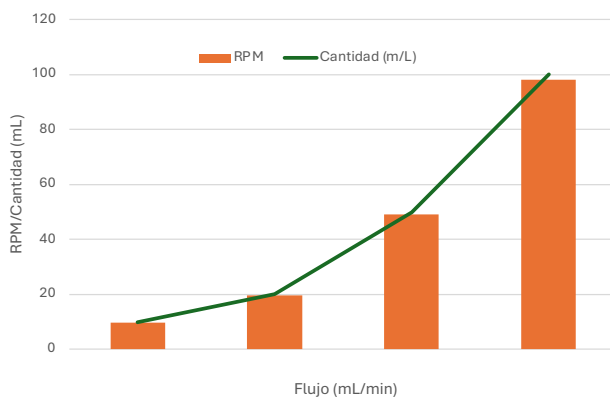


Figura 12. Caracterización de la prueba 3

Fuente: elaboración propia.

5.4. Prueba 4: modo *filling*

El cuarto análisis referente a los modos de transferencia considera la configuración del modo *filling* para dos y cuatro minutos (Figura 11). Su objetivo es hacer fluir pequeñas cantidades de líquido para observar la precisión de transferencia en cantidades menores a 25 mL (Tabla 7). La transferencia tiene una precisión de ± 1 mL.

Tabla 7. Caracterización de la prueba 4

Cantidad (mL)	Flujo 120 seg (mL/min)	RPM 120 seg	Flujo 240 seg (mL/min)	RPM 240 seg
1	0.5	0.25	0.9	0.4
5	0.25	1.2	1.4	2.4
7.5	3.7	1.8	7.3	3.6
15	7.5	3.7	14.7	7.3
20	10	5	19.6	9.8

Fuente: elaboración propia.

5.5. Prueba 5: modo de enfriamiento

La siguiente se refiere a evaluar la GUI y los modos de operación térmicos del sistema LOC. El desempeño del instrumento virtual para el sistema de enfriamiento se conforma de las siguientes etapas:

1. Establecer temperaturas mínimas y máximas, en un rango de 0 a 2 °C.
2. Establecer el puerto serial y el entorno gráfico de programación LabVIEW.
3. Cargar el programa al Arduino Nano.
4. Iniciar la comunicación.
5. Encender el indicador “Corriendo programa”.
6. Iniciar el proceso de transferencia de líquido hacia el sistema microfluídico.
7. Activar el indicador de transferencia.
8. Detectar la temperatura del sistema; el programa identifica de manera automática cómo regularla de acuerdo con los parámetros iniciales. En este caso se ha activado el ventilador y la celda peltier para decrementar la temperatura.
9. Detener la transferencia; el programa continúa con el modo de operación de enfriamiento.
10. Monitorear la temperatura desde la GUI en la sección correspondiente (Figura 13).



Figura 13. GUI empleada para la prueba 5 en el modo de operación enfriamiento
Fuente: elaboración propia.

Se cronometró el tiempo que le toma al sistema disminuir la temperatura desde los 23.35 °C ambiente, hasta la máxima establecida. El sistema se estabilizó en 8 °C (Tabla 8 y Figura 14).

Tabla 8. Caracterización de la prueba 5

Temp (°C)	Tiempo (seg)	Incremento (seg)
20	48	0
15	123	75
10	313	190
8	547	234

Fuente: elaboración propia.

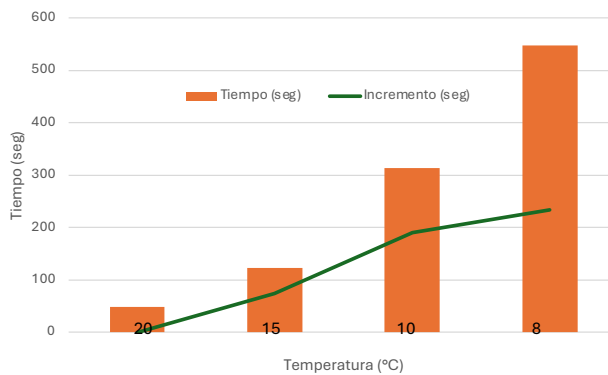


Figura 14. Caracterización de la prueba 5

Fuente: elaboración propia.

5.6. Prueba 6: modo de calentamiento

La sexta prueba evalúa el modo de operación del calentamiento. El desempeño del instrumento virtual para el sistema de calentamiento se integra por las siguientes etapas:

1. Se establecen los parámetros de temperatura mínima y máxima. Para el modo de operación de calentamiento, se ingresaron los parámetros de temperatura en un rango de 70 a 75 °C (Figura 15). La temperatura ambiente para esta prueba es de 27.74 °C.

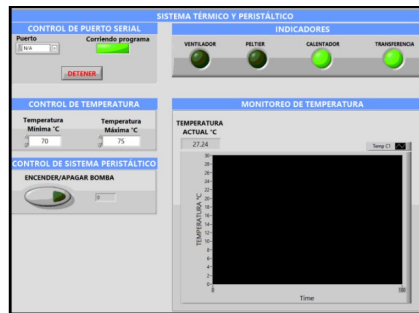


Figura 15. GUI empleada para la prueba 6 en el modo de operación calentamiento

Fuente: elaboración propia.

2. Se selecciona el puerto serial y en el entorno gráfico de programación LabVIEW se carga el programa al Arduino Nano. Al iniciar la comunicación se enciende el indicador “Corriendo programa”; además, inicia la transferencia de líquido hacia el sistema microfluídico, por lo que se enciende el indicador de “transferencia”.
3. Se detecta la temperatura del sistema y el programa activa en automático el calentador.
4. El usuario detiene la transferencia y el programa continúa con el modo de calentamiento.
5. El cliente puede monitorear la temperatura desde la GUI.

Se cronometró el periodo que le toma al sistema en decrementar la temperatura desde el ambiente (27.24 °C) hasta la mínima declarada y el tiempo que le toma al sistema entre cada intervalo (Tabla 9 y Figura 16).

Tabla 9. Caracterización de la prueba 6

Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Incremento (seg)
40	68	0
45	83	15
50	98	15
55	116	18
60	129	13
65	145	16
70	160	15

Fuente: elaboración propia.

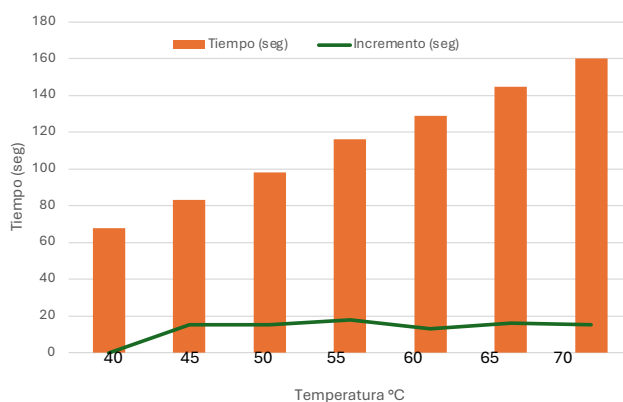


Figura 16. Caracterización de la prueba 6

Fuente: elaboración propia.

5.7. Resumen del análisis de resultados

Para las primeras cuatro pruebas de transferencia de líquido, es recomendable considerar lo siguiente:

- Las mangueras utilizadas son del número 19 (ID=2.4 mm y OD=5.4 mm)
- El flujo máximo para el modelo de bomba peristáltica BT100LC CHONRY, con cabezal YZ1515X y manguera #19 es de 51 mL/min o 100 r. p. m.
- La cantidad máxima que es posible transferir en dos minutos es de 102 mL/min a velocidad o flujo máximo (100 r. p. m., 51mL/min).

- En todas las pruebas es necesario verificar que los conectores estén sujetos de manera correcta para evitar filtraciones por los puertos.
- La celda microfluídica permanece hermética incluso a velocidad máxima (100 r. p. m., 51 mL/min), siempre que los tornillos y sujetadores estén correctamente posicionados y que no existan curvaturas en la celda microfluídica por una defectuosa impresión en 3D.
- Se recomienda operar esta misma celda a una velocidad moderada por debajo de los 30 mL/min.

Las últimas dos pruebas térmicas experimentales deben considerar lo siguiente:

- La fuente de alimentación para los actuadores de enfriamiento y calentamiento se deben configurar a 12 V.
- La temperatura mínima que registra el sistema LOC es de 10 °C y la temperatura máxima que registra es por arriba de los 70 °C.
- Se cuenta con un sistema eléctrico estable, pero se recomienda operar en un rango de 11 a 50 °C.

Con el fin de incrementar la confiabilidad de los resultados obtenidos, cada prueba térmica fue evaluada con un termostato de termopar industrial calibrado. En la siguiente sección se describe el análisis de las ventajas del LOC desarrollado con respecto a los sistemas tradicionales. Por último, se señalan futuras investigaciones.

6. Conclusiones

En este trabajo se presenta al desarrollo de un sistema LOC para su futura implementación en sensores de fibras ópticas en un solo encapsulado para el análisis de proteínas, enzimas, antígenos, anticuerpos ADN, entre otros materiales biológicos. El sistema desarrollado presenta ventajas respecto a las tecnologías tradicionales de LOC actuales:

1. Analiza muestras en bajas concentraciones al ser un sistema microfluídico.
2. Constituye una manufactura automatizada mediante tecnología CAD, *software* libre e impresión.
3. Ofrece una mayor precisión y repetibilidad en el proceso de manufactura.
4. Ahorra tiempo y costos de fabricación.
5. Analiza muestras biológicas en un ambiente encapsulado libre de contaminantes que conduzcan a la inexactitud e impresión del estudio a realizar, ya que mantiene herméticos al sensor y la muestra.
6. Realiza el proceso de deposición de materiales sensibles de manera microfluídica estabilizada en temperatura y en estructuras de fibras ópticas.

7. Transfiere cantidades de líquido con mayor precisión que los métodos actuales mediante el control de un sistema peristáltico comercial.
8. Configura los parámetros de flujo, tiempo, cantidad, arranque y paro de transferencia mediante la GUI.

Para investigaciones futuras se considera la aplicación de este método en la industria de alimentos, específicamente para el análisis de bebidas azucaradas como jugos o néctares mediante el análisis de la concentración de la sacarosa. Además, se considera el desarrollo de una aplicación para el monitoreo del procedimiento para que el usuario controle los parámetros del sistema experimental mediante una conexión a Internet, a través de dispositivos inteligentes como tabletas o teléfonos celulares.

Referencias

- Arshavsky-Graham, S. y Segal, E. (2020). Lab-on-a-Chip Devices for Point-of-Care Medical Diagnostics. En J. Bahnmann y A. Grünberger. (Eds.), *Microfluidics in Biotechnology* (pp. 247-265). Springer. https://doi.org/10.1007/10_2020_127
- Azizipour, N., Avazpour, R., Rosenzweig, D. H., Sawan, M. y Ajji, A. (2020). Evolution of Biochip Technology: A Review from Lab-on-a-Chip to Organ-on-a-Chip. *Micromachines*, 11(6), 599. <https://www.mdpi.com/2072-666X/11/6/599>
- Berthold III, J. W. (2024). Industrial Applications of Fiber Optic Sensors. En E. Udd. (Ed.), *Fiber Optic Sensors: An Introduction for Engineers and Scientists* (pp. 573-591). William B. Spillman Jr.
- Chen, Y. e Yang, X. (2024). Fiber Optic Dimethyl methyl phosphate Fiber Optic Sensor based on ZIF-8@AG/PDDA Composite Film. *Optical Fiber Technology*, 83, 103671. DOI: 10.1016/j.yofte.2024.103671
- Faraco, R., De Castro, J., Oliveira, F., Campos, D. y Bessa, A. (2024). Enhanced aroma prediction in coffee fermentation through optical fiber sensor data fusion. *Sensors And Actuators A: Physical*, 369, 115223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424724002164>
- Ibrahim, M. y Petrik, S. (2024). Brake Fluid Condition Monitoring by a Fiber Optic Sensor Using Silica Nanomaterials as Sensing Components. *Sensors*, 24(8), 2524. <https://doi.org/10.3390/s24082524>
- Joyanes, L. (2018). *Industria 4.0: La Cuarta Revolución Industrial* (1.ª ed.). Alfaomega Grupo.
- León, E. y Torrealba, F. (2011). Los Lab_on_a_chip: aplicaciones existentes y desafíos futuros. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 1(1), 20-34. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3895312>
- Lin, X., Li, G., Wang, Y., Zeng, K., Yang, W. y Wang, F. (2024). Advances in intelligent identification of fiber-optic vibration signals in oil and gas pipelines. *Journal Of Pipeline Science And Engineering*, 4(4), 100184. <https://doi.org/10.1016/j.jpse.2024.100184>
- Liu, X., Singh, R., Zhang, B., Caucheteur, C., Santos, N., Kumar, S. et al. (2024). Advanced fiber optic sensors for quantitative nitrite detection: Comparative analysis of plasmonic tilted fiber Bragg gratings and fiber optic tips with ion-imprinted polymers. *Sensors and Actuators Reports*, 8(6), 100233. doi: 10.1016/j.snr.2024.100233
- Matias, I. R., Corres, J. e Ikezawa, S. (Eds). (2016). *Fiber Optic Sensors: Current Status and Future Possibilities* (1.ª ed.). Springer International Publishing.
- Moore, S. (2019, 9 de septiembre). How are Fiber Optic Sensors Used in the Aerospace Industry? *AZO OPTICS*. <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=1619>

- MRC Laboratory-Instruments. (s.f.). *What is a peristaltic pump*. https://www.mrclab.com/what_is_a_peristaltic_pump
- Narayanamurthy, V., Jeroish, Z. E., Bhuvaneshwari, K. S., Bayat, P., Premkumar, R., Samsuri, F. et al. (2020). Advances in passively driven microfluidics and lab-on-chip devices: a comprehensive literature review and patent analysis. *RSC Advances*, 10(20), 11652-11680. <https://doi.org/10.1039/d0ra00263a>
- Ngiejungbwen, L. A., Hamdaoui, H. y Chen, M.-Y. (2024). Polymer Optical Fiber and Fiber Bragg Grating Sensors for Biomedical Engineering Applications: A Comprehensive Review. *Optics & Laser Technology*, 170, 110187. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.110187>
- Pallás Areny, R. (2007). *Sensores y acondicionadores de señal* (4^a ed.). Alfaomega Grupo Editor.
- Qamar, A. Z. y Shamsi, M. H. (2020). Desktop Fabrication of Lab-On-Chip Devices on Flexible Substrates: A Brief Review. *Micromachines*, 11(2), 126. <https://doi.org/10.3390/mi11020126>
- Quiñones, C. y Bernal, M. (2011). LabVIEW y la instrumentación virtual aplicados a la docencia y la investigación en ciencias básicas. *Revista Elementos*, 1(1), 115-121. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5085383>
- Rebound Electronics. (s. f.). *Explicación de los sistemas embebidos*. <https://reboundeu.com/es/insights/blog/embedded-systems-explained-15/>
- Shahrubudin, N., Lee, T. y Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286-1296. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
- Shang, K., Zhang, Y., Galea, M., Brusic, V. y Korposh, S. (2021). Fibre optic sensors for the monitoring of rotating electric machines: a review. *Optical And Quantum Electronics*, 53(75), 02712. <https://doi.org/10.1007/s11082-020-02712-y>
- Tymm, C., Zhou, J., Tadimety, A., Burklund, A. y Zhang, J. (s.f.). Scalable COVID-Detection Enabled by Lab-on-Chip Biosensors. *Cellular And Molecular Bioengineering*, 13(4), 313-329. <https://doi.org/10.1007/s12195-020-00642-z>
- Udd, E. y Spillman Jr., W. (Eds.). (2024). *Fiber Optic Sensors: An Introduction for Engineers and Scientists* (3.^a ed.). Wiley.
- Woodard, J. (2024, 8 de abril). What Is a Peristaltic Pump and How Does It Work? *Fresh Water Systems*. <https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/what-is-a-peristaltic-pump-and-how-does-it-work>
- Yadav, M., Kundu, K., Kaler, R. S. y Kundu, T. (2024). Porphyrin based-optical fiber sensor for pattern recognition of chlorides and nitrates. *Optical Fiber Technology*, 85, 103795. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2024.103795>
- Zhang, Z., Zhang, H., Hou, L., Jia, D., Yao, K., Meng, Q. et al. (2024). Highly sensitive fiber-optic chemical pH sensor based on surface modification of optical fiber with

ZnCdSe/ZnS quantum dots. *Analytica Chimica Acta*, 1294, 342281. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2024.342281>

Zhu, H., Fohlerová, Z., Pekárek, J., Basova, E. y Neužil, P. (2020). Recent advances in lab-on-a-chip technologies for viral diagnosis. *Biosensors And Bioelectronics*, 153, 112041. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566320300385>



Parte

2 Inteligencia artificial

A graphic consisting of a light blue circle with a dark red number '2' in the center. The word 'Capítulo' is written in dark blue above the number.

Tecnologías de inteligencia artificial en la educación superior: beneficios, retos y estrategias de implementación

José Rafael Baca Pumarejo¹

Vicente Villanueva Hernández^{2}*

Julio César Castañón Rodríguez¹

Daniel Cantú Cervantes³

Resumen

La inteligencia artificial (IA) está transformando la educación superior a nivel mundial. Sus aplicaciones abarcan desde sistemas de tutoría inteligente y analítica de aprendizaje, hasta la automatización de procesos administrativos, generando entornos educativos más personalizados, eficientes y accesibles. Este capítulo analiza los beneficios evidentes, como la mejora de la retención estudiantil, la adaptabilidad de los contenidos y la optimización de recursos institucionales; y los desafíos éticos, como la protección de datos, la equidad en el acceso y la posible deshumanización del proceso educativo. A través de un enfoque global, se describen políticas institucionales y marcos regulatorios internacionales que garanticen una implementación ética de la IA en la educación superior. Además, se plantea la necesidad de capacitar a docentes y estudiantes en competencias digitales críticas, promoviendo un uso consciente de estas tecnologías. Finalmente, se proponen estrategias basadas en experiencias internacionales exitosas, que incluyen la colaboración interdisciplinaria, la investigación aplicada y la adopción progresiva de soluciones basadas en IA, como camino hacia una educación superior más inclusiva, innovadora y sostenible.

Palabras clave: inteligencia artificial, educación superior, personalización del aprendizaje, retos éticos, innovación pedagógica.

¹Facultad de Administración y Comercio Victoria.

²Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe.

* Autor de correspondencia. E-mail: vhernand@docentes.uat.edu.mx

³Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades Centro Universitario Victoria

1. Introducción

1.1. Importancia de la inteligencia artificial en la educación superior

La IA está redefiniendo la enseñanza, el aprendizaje y la administración educativa. Según Luckin et al. (2016), esta tiene el potencial de revolucionar la educación al personalizar el aprendizaje, eficientar la administración educativa y facilitar la investigación académica. Una de sus principales ventajas en la educación superior es su capacidad para personalizar el aprendizaje. Mediante el análisis de grandes volúmenes de datos, puede adaptar el contenido y el ritmo de formación a las necesidades individuales de cada estudiante, lo que conduce a una mayor participación y éxito académico (Baker y Smith, 2019). Esta personalización no solo mejora la experiencia del estudiante, sino que también ayuda a los docentes a identificar y apoyar a aquellos que requieren una atención especial.

Además, la IA es fundamental en la automatización de tareas administrativas, lo que permite a los educadores centrarse en aspectos más creativos y críticos de la enseñanza (Tuomi, 2018). Los sistemas de tutoría inteligente, los asistentes virtuales y las evaluaciones automatizadas están cambiando el panorama educativo, permitiendo que las instituciones sean más accesibles y eficientes (Holmes et al., 2019).

Sin embargo, el uso de la IA en la educación superior también plantea desafíos significativos, como las cuestiones éticas relacionadas con la privacidad de los datos, el sesgo en los algoritmos y la posible deshumanización de la educación (Williamson et al., 2020). Estos desafíos subrayan la importancia de un enfoque equilibrado que maximice los beneficios de la IA mientras se mitigan sus posibles riesgos.

Este capítulo explora el impacto de la IA en la educación superior desde múltiples perspectivas: en la sección 1, la introducción proporciona un panorama general de su abordaje; en la sección 2 se especifican los argumentos teóricos presentes en el estado del arte de la IA en educación superior; los avances y tendencias en su implementación en instituciones educativas; en la sección 3 se describe la metodología y su análisis crítico; en la sección 4 se describe el diseño del proceso de investigación, el enfoque de análisis; en la sección 5 se abordan los resultados describiendo las aplicaciones de la IA en la enseñanza-aprendizaje, la gestión institucional, los sistemas de predicción y planificación basados en IA, automatización de procesos administrativos, la investigación y desarrollo en IA para la educación superior, el impacto de la IA en la generación de conocimiento en educación superior, así como los desafíos y consideraciones éticas; por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones de las temáticas abordadas.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Estado del arte de la IA en educación superior

La IA ha revolucionado la educación superior. Apenas en la década pasada, la investigación sobre este tema ha crecido exponencialmente. Uno de los principales enfoques de la IA en la educación superior es la personalización del aprendizaje. Según Luckin et al. (2016), permite la creación de sistemas de tutoría inteligente que ofrecen experiencias de aprendizaje adaptativas. Estos sistemas pueden ajustar dinámicamente el contenido y las actividades según las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando la eficacia del aprendizaje, el monitoreo del progreso y la retroalimentación en tiempo real (Holmes et al., 2019). También se ha utilizado para mejorar la gestión administrativa en las universidades. Los sistemas de análisis predictivo, impulsados por algoritmos de aprendizaje automático, son cada vez más comunes para prever problemas como la deserción estudiantil. Estos analizan grandes volúmenes de datos históricos para identificar patrones y predecir comportamientos futuros, permitiendo a las instituciones implementar intervenciones tempranas y eficaces (Baker y Smith, 2019).

Otro aspecto clave es la evaluación automatizada, donde la IA se utiliza para calificar exámenes y trabajos de los estudiantes. Este uso no solo ahorra tiempo a los docentes, sino que también proporciona una evaluación más consistente y objetiva (Yufei et al., 2020). Sin embargo, como señalan Williamson et al. (2020) y Slade y Prinsloo (2013), su uso en estos contextos también plantea importantes desafíos éticos, como la privacidad de los datos de los estudiantes y el sesgo en los algoritmos. Estos temas han generado un debate significativo sobre la necesidad de regulaciones claras y la implementación de marcos éticos en el uso de la IA en la educación.

2.2. Avances recientes y tendencias en la implementación de IA en instituciones educativas

En los últimos años, la implementación de la IA en la educación superior ha avanzado rápidamente, con diversas tendencias emergentes que indican un futuro de mayor integración tecnológica en las universidades. Un avance significativo es la creciente adopción de plataformas de aprendizaje adaptativo que utilizan IA para personalizar la experiencia educativa en tiempo real (Holmes et al., 2019). Estas plataformas analizan continuamente el desempeño del estudiante y ajustan el contenido, la dificultad y el ritmo del aprendizaje según las necesidades individuales.

Otra tendencia importante es la integración de la IA en las herramientas de accesibilidad, diseñadas para apoyar a estudiantes con discapacidades.

Por ejemplo, Shuford (2023) destaca cómo la IA se utiliza en el desarrollo de tecnologías de asistencia, como los sistemas de reconocimiento de voz y los traductores automáticos, que permiten a estudiantes con discapacidades auditivas o del lenguaje acceder al contenido educativo de manera más efectiva.

La pandemia por COVID-19 catalizó la adopción de la IA en la educación a distancia para personalizar el aprendizaje y mantener el compromiso de los estudiantes en entornos virtuales (Means et al., 2020). Estas tecnologías han logrado garantizar la continuidad educativa en tiempos de crisis y se espera que su uso se mantenga y evolucione en el futuro.

Además, las universidades están explorando el uso de la IA para optimizar la toma de decisiones y la gestión de recursos. Las herramientas de análisis de datos impulsadas por IA permiten una planificación más eficiente de los cursos, una mejor asignación de recursos y una gestión más efectiva de las admisiones (Baker y Smith, 2019). Estas aplicaciones están transformando la manera en que las instituciones educativas operan, permitiéndoles responder más rápidamente a las necesidades cambiantes de los estudiantes y del mercado laboral.

3. Metodología

La metodología se basa en una revisión bibliográfica exhaustiva y un análisis crítico de la literatura existente sobre el impacto de las tecnologías de IA en la educación superior. Este enfoque permite comprender el estado actual de la investigación, identificar las principales tendencias, beneficios y retos asociados con su implementación y evaluar estrategias para su adopción efectiva.

3.1. Revisión bibliográfica

Esta revisión incluyó bases de datos como Scopus, Web of Science y Google Scholar. Se seleccionaron estudios que abordan la aplicación de tecnologías de IA en la educación superior publicados en los últimos diez años, para asegurar la pertinencia y actualidad de la información. Los criterios de inclusión para la selección de artículos engloban la relevancia del estudio para la educación superior, la calidad metodológica, y el enfoque en la implementación de IA. Las siguientes tablas de frecuencias dan cuenta de ello:

Tabla 1. Tipos de las publicaciones utilizadas

Tipo de publicación	Frecuencia
Artículos de revista	55
Artículos de congreso	8
Capítulos de libro / libros	7
Reportes institucionales / repositorios	4
Blogs / sitios no científicos	1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Frecuencia por indexación de las publicaciones utilizadas

Tipo de indexación	Frecuencia
Scopus	42
Web of Science (WoS)	30
No indexado / Regional / Editorial académica	11
No científico (blogs, repositorios)	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Frecuencia según factor de impacto aproximado de las publicaciones utilizadas

Rango de Factor de Impacto (FI)	Frecuencia
FI > 6	5
FI entre 4 y 6	7
FI entre 2 y 4	16
FI entre 0 y 2	6
Sin FI reportado (nuevo o no disponible)	20

Nota: incluye artículos de revista donde se conoce el FI.

Fuente: elaboración propia.

Algunos artículos están publicados en revistas nuevas o de reciente creación que aún no tienen FI oficial. Los congresos generalmente no poseen FI, pero sí índices de calidad (por ejemplo, estar en IEEE o *Springer Lecture Notes*). Se excluyeron aquellos estudios que no cumplieran con estos criterios o que se centraban en niveles educativos distintos al superior (Kitchenham et al., 2015).

3.2. Análisis crítico

El análisis crítico de los estudios seleccionados identificó patrones comunes, divergencias en los resultados y brechas en la literatura. Se prestó especial atención a los beneficios reportados de la IA en términos de personalización del aprendizaje, optimización de la gestión educativa y mejora en la toma de decisiones académicas. Además, se analizaron los retos más comunes asociados con la adopción de estas tecnologías, tales como las barreras técnicas, éticas y culturales (Boell y Cecez-Kecmanovic, 2015). El análisis también incluyó una evaluación de la calidad metodológica de los estudios revisados, considerando el diseño de investigación, la muestra, los métodos de recolección de datos, y las técnicas de análisis utilizadas. Esto permitió identificar las fortalezas y limitaciones de los estudios existentes, así como sugerir posibles direcciones para futuras investigaciones (Levy y Ellis, 2006).

4. Diseño

4.1. Enfoque

El diseño se centra en un enfoque teórico-analítico que combina la revisión bibliográfica con un análisis crítico de la literatura existente sobre la aplicación de tecnologías de IA en la educación superior, con el fin de explorar los beneficios, retos y estrategias de implementación de la IA, proporcionando una visión exhaustiva y fundamentada.

4.2. Enfoque de análisis

El enfoque de análisis es principalmente cualitativo, orientado al análisis de contenidos a partir de la literatura revisada. Se emplea un método de análisis temático para identificar patrones, temas recurrentes y divergencias en los estudios seleccionados, lo que permite una comprensión profunda de las dinámicas relacionadas con la implementación de la IA en la educación superior (Braun y Clarke, 2006). Esta perspectiva facilita la identificación de los principales desafíos y beneficios, así como la evaluación de las estrategias más efectivas para la adopción de estas tecnologías. El diseño teórico-analítico está justificado por la necesidad de una evaluación comprensiva de la literatura existente sobre la IA en la educación superior. Dado que el campo de estudio está en rápida evolución, un enfoque basado en la revisión crítica de la literatura permite sintetizar el conocimiento existente e identificar áreas que requieren mayor investigación (Snyder, 2019).

5. Resultados

A continuación, se muestra una tabla de los contenidos de esta sección que representa la parte medular de la investigación:

Tabla 4. Contenidos

Aplicaciones de la IA	Resultados específicos
En la enseñanza y aprendizaje	Personalizar la experiencia de aprendizaje. Sistemas de tutoría inteligente y asistencia virtual. Análisis de datos y aprendizaje automatizado.
Gestión institucional y administrativa	Gestión de RRHH y procesos administrativos.
Sistemas de predicción y planificación basados en IA	En la educación superior.
Automatización de procesos administrativos	En la educación superior.
Investigación y desarrollo en IA para la educación superior	Plataformas de aprendizaje adaptativo. Tutores virtuales e IA conversacional. Análisis de aprendizaje (<i>learning analytics</i>). Realidad aumentada y virtual con IA. Creación de contenidos educativos automatizados. Colaboración interdisciplinaria y proyectos de investigación en IA. Integración de ciencias de la computación y pedagogía. Proyectos de investigación multidisciplinarios.
Impacto de la IA en la generación de conocimiento en educación superior	Análisis de datos y descubrimiento de conocimiento. Automatización en la revisión de literatura y síntesis de conocimiento. Generación automática de hipótesis. Personalización del aprendizaje e investigación. Desafíos éticos en la generación de conocimiento con IA.
Desafíos y consideraciones éticas	Problemas éticos y de privacidad en el uso de datos en educación superior en IA. Barreras para la adopción de tecnologías basadas en IA. Estrategias para enfrentar los desafíos de la IA en educación superior.

Fuente: elaboración propia.

5.1. Aplicaciones de la IA en la enseñanza y el aprendizaje

5.1.1. Uso de IA para personalizar la experiencia de aprendizaje

La IA ha personalizado las experiencias de aprendizaje, al adaptar los materiales y estrategias a cada estudiante, lo que permite un aprendizaje más enfocado. Los algoritmos de IA evalúan continuamente el desempeño de aquellos, ajustando

el contenido según su progreso y comprensión (Holmes et al., 2019). Esta personalización mejora la retención de la información y ofrece desafíos alineados con su nivel de habilidad. Según Luckin et al. (2016), la IA permite identificar lagunas en el conocimiento y proporciona recursos adicionales que aborden necesidades específicas, facilitando un aprendizaje más profundo y significativo. Además, la retroalimentación es inmediata, lo que les permite corregir errores y mejorar de manera continua (Yufai et al., 2020).

5.1.2. Sistemas de tutoría inteligente y asistencia virtual

Los sistemas de tutoría inteligente (ITS, por sus siglas en inglés) son aplicaciones prometedoras de la IA. Están diseñados para emular las capacidades de un tutor humano, proporcionando apoyo personalizado y en tiempo real, con modelos cognitivos automáticos que evalúan la comprensión de un estudiante y ajustan las instrucciones y el ritmo en consecuencia (VanLehn, 2011). Un ejemplo destacado es la IA ALEKS (*Assessment and Learning in Knowledge Spaces*), que diagnostica el conocimiento del estudiante en matemáticas y ciencias para personalizar un plan de estudio adaptativo. Otro avance importante es la incorporación de asistentes virtuales basados en IA, como *chatbots* educativos, que pueden responder preguntas frecuentes, guiar a los estudiantes en sus tareas y ofrecer orientación académica (Winkler y Söllner, 2018).

Estos sistemas apoyan el aprendizaje individual y alivian la carga de trabajo de los docentes, permitiéndoles centrarse en actividades pedagógicas de mayor valor añadido. Además, pueden operar las 24 horas del día, proporcionando asistencia continua y accesible, lo que es particularmente beneficioso en entornos de aprendizaje en línea o híbrido.

5.1.3. Análisis de datos y aprendizaje automatizado

El análisis de datos es otra área donde la IA está transformando la educación superior. A través del uso de *Big Data* y el aprendizaje automático, las instituciones pueden analizar grandes volúmenes de datos generados por los estudiantes, como sus interacciones en plataformas de aprendizaje, resultados de exámenes y patrones de participación (Long y Siemens, 2011). Esto permite a las instituciones identificar tendencias, prever problemas potenciales y tomar decisiones informadas para mejorar la experiencia educativa. Por ejemplo, el análisis predictivo se utiliza para identificar a los estudiantes en riesgo de deserción y proporcionarles apoyo proactivo (Baker y Siemens, 2014). Estos sistemas pueden alertar a los docentes y administradores sobre la necesidad de intervenciones específicas, como tutorías adicionales o cambios en el currículo, lo que puede mejorar las tasas de retención y éxito estudiantil (Arnold y Pistilli, 2012).

El aprendizaje automatizado también se utiliza para desarrollar sistemas de evaluación automática, que pueden calificar exámenes y trabajos con alta precisión y consistencia. Esto no solo reduce la carga de trabajo de los docentes, sino que proporciona a los estudiantes una retroalimentación inmediata y detallada, ayudándoles a entender mejor sus errores y la manera de mejorarlos (Yufei et al., 2020).

5.2. Gestión institucional y administrativa

La IA ha transformado la gestión de recursos humanos (RRHH) y los procesos administrativos en instituciones educativas al automatizar tareas repetitivas, mejorar la toma de decisiones y optimizar el manejo de los recursos dentro de las organizaciones.

A) Automatización y eficiencia en procesos administrativos. La IA ha facilitado la automatización de múltiples tareas administrativas, desde la gestión de nóminas hasta la programación de personal. Según Murdan y Halkhoree (2024), la automatización ha acrecentado la eficiencia en la asignación de recursos, reducido los costos operativos y mejorado la precisión en la gestión de personal. Esto se logra a través de algoritmos que optimizan la asignación de tareas y la gestión de tiempo del personal (Kabashkin et al., 2023).

B) Reclutamiento y selección de personal. Kabashkin et al. (2023) destacan que los sistemas de IA pueden analizar grandes volúmenes de datos de candidatos, identificar patrones de éxito en el perfil de los empleados actuales y predecir el desempeño futuro de los postulantes. Esto permite a los gestores de RRHH tomar decisiones más informadas y reducir el sesgo en el proceso de selección.

C) Análisis predictivo y toma de decisiones. Han et al. (2024) explican que estos modelos predictivos permiten anticipar necesidades futuras, tales como la demanda de personal en función de la matrícula de estudiantes y los cambios en los planes académicos. Estas herramientas proporcionan a los administradores datos relevantes para tomar decisiones estratégicas y a largo plazo.

D) Mejora en la capacitación y desarrollo profesional. Finalmente, la IA también se ha utilizado para diseñar programas de capacitación adaptados a las necesidades individuales de los empleados. Celik et al. (2022) mencionan que, a través de sistemas de aprendizaje automático, las instituciones pueden identificar brechas en las habilidades del personal, crear programas de formación específicos que mejoren la productividad y lograr una gestión más eficiente del talento humano.

E) Desafíos y consideraciones éticas. A pesar de los beneficios, la implementación de IA en la gestión de recursos humanos y administrativos no está exenta de desafíos. Uno de los principales problemas es la privacidad de los datos, ya que el manejo de grandes volúmenes de información sensible requiere estrictas medidas de seguridad.

La criptografía ha cobrado relevancia para mantener la seguridad y privacidad de la información, a través de técnicas como el cifrado homomórfico y la criptografía poscuántica impulsada por la IA. El primero consiste en realizar cálculos sobre datos cifrados sin necesidad de descifrarlos previamente, facilitando el análisis colaborativo y el intercambio de datos sin exponer información confidencial. La segunda protege los datos de las futuras amenazas que plantea la computación cuántica, utilizando algoritmos criptográficos diseñados para resistir ataques de este tipo (Barrantes, 2024). En este panorama, la IA puede optimizar el cifrado de datos automatizando la gestión de claves, mejorando la eficiencia y detectando vulnerabilidades. En este proceso, genera claves y algoritmos más robustos en sectores como la salud, las finanzas y la ciberseguridad. La IA responde de manera proactiva y reactiva a amenazas en tiempo real, mientras que la criptografía garantiza que los datos permanezcan protegidos. La combinación de ambas permite escalar la seguridad. Ante este panorama de ventajas, es fundamental abordar los posibles sesgos en los algoritmos que pueden perpetuar desigualdades si no se diseñan y supervisan adecuadamente. Es esencial que las instituciones desarrollen políticas claras y transparentes sobre su uso, asegurando la protección de los derechos de los empleados y promoviendo la equidad en los procesos de toma de decisiones (Barrantes, 2024; Bims, 2018).

5.3. Sistemas de predicción y planificación basados en IA

La IA ha mejorado los sistemas de predicción y planificación en la educación superior, al optimizar la asignación de recursos, anticipar necesidades futuras y mejorar la toma de decisiones estratégicas.

A) Aplicaciones de IA en la predicción educativa. Según Rincón y Vila (2021), los sistemas predictivos utilizan datos históricos para prever el rendimiento académico de los estudiantes, identificar aquellos que están en riesgo de abandono y proponer intervenciones personalizadas. Esto mejora la eficiencia operativa y contribuye a la equidad educativa, ya que los estudiantes reciben el apoyo que necesitan en el momento adecuado.

B) Planificación estratégica y gestión de recursos. George y Wooden (2023) explican que los sistemas de planificación basados en IA permiten a las instituciones educativas proyectar necesidades futuras de infraestructura, personal y recursos financieros. Al utilizar grandes volúmenes de datos y algoritmos de aprendizaje automático, se pueden simular diferentes escenarios y proponer estrategias que maximicen el uso de los recursos disponibles.

C) Optimización en la asignación de recursos. La asignación de recursos es una tarea crítica para las instituciones de educación superior, y la IA ha permitido optimizar

este proceso de manera efectiva. George y Wooden (2023) argumentan que los modelos predictivos basados en IA son capaces de gestionar de forma dinámica la asignación de profesores, instalaciones y equipos, lo que reduce los costos operativos y mejora la productividad institucional. Además, los algoritmos pueden ajustarse en tiempo real a cambios en la demanda de matrícula o a variaciones presupuestarias, lo que les otorga una flexibilidad superior frente a los métodos tradicionales de planificación.

D) Retos en la implementación de sistemas basados en IA. Aunque los beneficios de los sistemas de predicción y planificación basados en IA son evidentes, existen desafíos en su implementación. Susnjak (2023) sugiere que uno de los principales obstáculos es la recolección y gestión adecuada de datos. Las instituciones deben contar con una infraestructura tecnológica robusta y una cultura organizacional que apoye el uso de la IA. Además, Ungerer y Slade (2022) subrayan la importancia de considerar aspectos éticos, tales como la privacidad de los datos y la transparencia en los algoritmos utilizados.

5.4. Automatización de procesos administrativos

La automatización de procesos administrativos mediante el uso de IA ha transformado la manera en que las instituciones de educación superior gestionan sus operaciones diarias. Esta tecnología permite mejorar la eficiencia, reducir errores, optimizar los recursos, tomar mejores decisiones y mejorar los servicios prestados a estudiantes y personal académico:

A) Optimización de la gestión de recursos. Según Tuomi (2018), las soluciones automatizadas permiten que las instituciones gestionen mejor las finanzas, los procesos de admisión, y los calendarios académicos, reduciendo la carga administrativa sobre el personal. Esto mejora la eficiencia operativa y libera recursos para centrarse en tareas de mayor valor agregado.

B) Automatización en la toma de decisiones administrativas. Gibert et al. (2023) señalan que facilita la toma de decisiones en tiempo real, analizando grandes volúmenes de datos para identificar patrones que los seres humanos podrían pasar por alto. Esto se aplica en áreas como la asignación de personal, la predicción de matrícula y la planificación presupuestaria, donde las decisiones automatizadas pueden ahorrar tiempo y recursos significativos.

C) Reducción de errores administrativos. Los sistemas automatizados también reducen los errores humanos en tareas repetitivas, como la gestión de expedientes académicos o la actualización de registros financieros. La automatización pretende que las tareas rutinarias se realicen de manera consistente y precisa, lo que reduce los costos asociados con los errores.

D) Implementación de sistemas automatizados y su impacto. El proceso de implementación de la automatización en instituciones educativas también enfrenta desafíos importantes. Mosteanu (2022) destaca la importancia de contar con una infraestructura tecnológica adecuada, así como con la capacitación del personal administrativo para la adopción exitosa de estas tecnologías. Sin embargo, el impacto de estos sistemas a largo plazo resulta en una mayor eficiencia y productividad institucional. Mosteanu (2022) describe cómo varias universidades han implementado con éxito sistemas de IA para la automatización de procesos administrativos, logrando una mayor rapidez en la gestión de solicitudes de admisión, así como en la distribución de becas y ayudas económicas. Estos ejemplos ilustran cómo la automatización puede tener un impacto positivo en los resultados operativos de las instituciones.

5.5. Investigación y desarrollo en IA para la educación superior

La investigación y desarrollo en IA ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Las instituciones académicas han comenzado a integrarlas tanto en la administración educativa como en el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza, facilitando la personalización del aprendizaje y mejorando la eficiencia administrativa (Saaïda, 2023).

5.5.1. Plataformas de aprendizaje adaptativo

Uno de los principales enfoques en la investigación sobre IA en la educación superior es el desarrollo de sistemas de aprendizaje adaptativo que se ajustan a las necesidades y el progreso de los estudiantes en tiempo real. Estos sistemas utilizan algoritmos para analizar el desempeño y adaptar el contenido educativo según el nivel de comprensión de cada estudiante, promoviendo así un aprendizaje más efectivo. Además, las investigaciones actuales se centran en el uso de la IA para la evaluación automática de tareas cualitativas y cuantitativas. Estas herramientas reducen la carga administrativa de los profesores y mejoran la retroalimentación ofrecida a los estudiantes (Chiu et al., 2023b). En el contexto de la administración educativa, la IA se ha optimizado la gestión de recursos académicos. También se ha mejorado la toma de decisiones en áreas como la matrícula de estudiantes, la planificación de horarios y la asignación docente (Holmes et al., 2019).

Finalmente, los desafíos que persisten para la educación superior son la falta de infraestructura, la resistencia al cambio tecnológico por parte del personal educativo, y las preocupaciones éticas en torno a la privacidad de los datos de los estudiantes (Ungerer y Slade, 2022).

5.5.2. Tutores virtuales e IA conversacional

En la era digital, los tutores virtuales y la IA ofrecen nuevas formas de interacción y aprendizaje; facilitan una educación personalizada y presentan desafíos y oportunidades para su implementación efectiva. Los tutores virtuales habilitados permiten una educación más adaptativa y personalizada. Dlamini y Leung (2019) destacan que estos sistemas pueden ajustar el contenido y los métodos de enseñanza en función de las necesidades individuales de los estudiantes, proporcionando retroalimentación en tiempo real (Tabla 5).

Tabla 5. Tutores virtuales destacados

Nombre del tutor virtual	Plataforma o empresa	Funcionalidades principales	Tecnología IA utilizada	Nivel educativo objetivo	Idioma(s)	Ventajas	Limitaciones	Enlace o fuente
Rori	Rori Inc.	Acompañamiento emocional y coaching educativo	NLP (Procesamiento de Lenguaje Natural)	Educación superior y profesional	Inglés	Enfoque en bienestar emocional, personalizada	Limitado a ciertas áreas de conocimiento	rori.ai
Juji	Juji, Inc.	Tutor conversacional para mentoría, reclutamiento y orientación	NLP, AI Cognitiva	Educación superior y empresarial	Inglés	Alta personalización, generación de perfiles de usuario	Requiere entrenamiento inicial para adaptarse al contexto educativo	juji.io
Coursebox	Coursebox Pty Ltd.	Creación automática de cursos y asistencia de tutoría	IA Generativa y NLP	Educación continua y corporativa	Inglés	Rapidez en generación de contenidos, amigable para no expertos	Menor profundidad pedagógica en cursos complejos	coursebox.ai
ChatGPT	OpenAI	Tutoría personalizada, ayuda en tareas, simulaciones de aprendizaje	<i>Machine Learning</i> , NLP, <i>Deep Learning</i>	Multinivel (desde secundaria hasta posgrado)	Multilingüe (principalmente inglés y español)	Gran flexibilidad temática, disponible 24/7	Puede generar respuestas no verificadas o imprecisas	openai.com/chatgpt

Fuente: elaboración propia.

El enfoque adaptativo de la IA puede abordar las brechas en el conocimiento y mejorar la retención de información al ajustar el nivel de dificultad y el estilo de enseñanza según el progreso del estudiante (Hey, 2024). En este sentido, Rori es una herramienta sencilla de usar. VanLehn (2011) apoya esta perspectiva, señalando que los tutores virtuales son capaces de ofrecer experiencias de aprendizaje personalizadas que pueden ser beneficiosas en contextos virtuales. Esta capacidad de personalización contribuye a una mayor implicación del estudiante y, en este propósito, la aplicación Juji, una plataforma integral de IA, fue diseñada

específicamente para ser un asistente cognitivo, de tutoría y entrenamiento (Hey, 2024). Winkler y Söllner (2018) exploran cómo los sistemas de IA conversacional, como los *chatbots* educativos, pueden ofrecer soporte continuo y responder a preguntas de los estudiantes de manera instantánea. Por ejemplo, el *chatbot* Coursebox es una plataforma integral de creación de cursos de instrucción basada en la IA. Estos sistemas utilizan procesamiento de lenguaje natural para mantener conversaciones contextuales, fluidas y efectivas (Hey, 2024). Chiu et al. (2023a) subrayan que la implementación de IA conversacional en el ámbito educativo no solo ayuda en la resolución de dudas en tiempo real, sino que también puede guiar a los estudiantes a través de tareas complejas y proporcionar recursos adicionales según sea necesario. Esto amplía el acceso a la educación y proporciona un apoyo más equitativo para estudiantes en diferentes contextos. Por ejemplo, ChatGPT constituye uno de los primeros modelos de lenguaje abierto; su amplia base de datos de conocimiento se actualiza constantemente y constituye una plataforma ideal para las necesidades de tutoría y aprendizaje (Hey, 2024).

Desafíos y consideraciones de los tutores virtuales

A pesar de las ventajas, la implementación de tutores virtuales y sistemas de IA conversacional presenta varios desafíos. Al-Zahrani y Alasmari (2023) discuten que uno de los principales problemas es la calidad de las respuestas generadas por la IA, que puede variar según la complejidad del contenido y la capacidad del sistema para entender el contexto de las preguntas de los estudiantes. La precisión y relevancia de las respuestas son cruciales para mantener la confianza de los usuarios en estos sistemas.

De acuerdo con Ungerer y Slade (2022), la protección de la información personal y académica de los estudiantes es fundamental para garantizar una implementación ética y segura de estas tecnologías. La IA aporta su capacidad proactiva y reactiva para responder a amenazas en tiempo real, al implementar la criptografía que protege los datos (Barrantes, 2024). En este mismo propósito es necesario establecer normativas claras para la gestión y el uso de los datos recopilados.

5.5.3. Análisis de aprendizaje (*Learning analytics*)

El análisis de aprendizaje (LA, por sus siglas en inglés) es una herramienta poderosa. Según Susnjak (2023), el uso de IA en LA ha permitido la personalización del aprendizaje a niveles sin precedentes, facilitando recomendaciones adaptativas basadas en los patrones de interacción de los estudiantes con los recursos educativos. Li y Zhang (2020) destacan que el análisis de grandes volúmenes de datos generados

por los estudiantes puede ayudar a identificar comportamientos que predicen el éxito o el abandono, lo que permite a las instituciones educativas intervenir de manera proactiva. Esto se logra a través de algoritmos de IA que analizan múltiples factores, como la participación en actividades en línea, el rendimiento en evaluaciones y la interacción con el contenido del curso.

Yang y Li (2021) subrayan que el LA mejora la experiencia de alumnos y docentes, al proporcionarles información detallada sobre su progreso. Niu et al. (2024) enfatizan que las plataformas de aprendizaje basadas en IA permiten una monitorización continua y detallada del rendimiento de los estudiantes, ofreciendo *feedback* personalizado en tiempo real.

5.5.4. Realidad aumentada y virtual con IA

La incorporación de la IA en tecnologías de realidad aumentada (RA) y realidad virtual (RV) ha permitido una evolución significativa en el campo educativo. Estas tecnologías facilitan experiencias de aprendizaje inmersivas que potencian la adquisición de conocimientos y habilidades prácticas en entornos simulados. Rincón y Vila (2021) destacan que la combinación de RA y RV con algoritmos de IA permite adaptar los entornos virtuales a las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando su participación y retención de información.

Según Yuan et al. (2023), la RA y la RV con IA han revolucionado la formación técnica y la educación médica, donde la simulación de escenarios complejos es fundamental para el aprendizaje. Estas tecnologías permiten a los estudiantes practicar procedimientos en un entorno seguro y controlado, ajustando el nivel de dificultad y ofreciendo retroalimentación personalizada en tiempo real, gracias al procesamiento de datos que aporta la IA (Lin et al., 2023).

Además, Rincón y Vila (2021) argumentan que estas tecnologías integradas con IA facilitan la creación de modelos de aprendizaje más eficaces, ya que los algoritmos pueden predecir el comportamiento del estudiante y modificar el entorno virtual de manera proactiva para abordar posibles áreas de dificultad. Esta capacidad de adaptación dinámica es crucial en el aprendizaje experiencial, donde la interacción con el entorno puede moldear los resultados educativos.

5.5.5. Creación de contenidos educativos automatizados

La IA también ha facilitado la creación automatizada de contenidos educativos por parte de los profesores. Los generadores automáticos de *quizzes* y lecciones basados en ella analizan el nivel de conocimiento de los estudiantes y crean contenido adecuado. Esto ahorra tiempo a los docentes y asegura que los materiales de aprendizaje sean relevantes. Así, Clark y Mayer (2016) han demostrado que las

herramientas de creación de contenido automatizado pueden mejorar la eficacia del aprendizaje al adaptar los recursos educativos a los estudiantes.

5.5.6. Colaboración interdisciplinaria y proyectos de investigación en IA

La IA ha desencadenado una ola de innovación en la educación superior, impulsada por la colaboración interdisciplinaria y los proyectos de investigación conjuntos que trascienden las fronteras tradicionales del conocimiento. Además, ha integrado avances tecnológicos en la neurociencia y las ciencias del comportamiento. Esta sinergia ha dado lugar a nuevas herramientas que mejoran la comprensión sobre el aprendizaje y la enseñanza (Yigci, 2024). Por otro lado, Kornilaev (2021) señala que algunos desafíos importantes son la resistencia al cambio por parte del profesorado y la falta de infraestructura tecnológica en instituciones educativas.

5.5.7. Integración de ciencias de la computación y pedagogía

La integración de la computación y la pedagogía en el siglo XXI ha transformado la forma en que los estudiantes interactúan con el conocimiento. Según Triberti et al. (2024), la implementación de herramientas de IA basadas en ciencias de la computación, ha permitido personalizar el aprendizaje y ajustar los contenidos de acuerdo con las necesidades individuales de los alumnos. Kornilaev (2021) afirma que la colaboración entre pedagogos y científicos de la computación ha facilitado la creación de entornos más dinámicos, permitiendo un enfoque interdisciplinario en el diseño de plataformas de formación adaptativo.

En este contexto, Hashmi y Bal (2024) destacan que la combinación de algoritmos de aprendizaje automático con teorías pedagógicas permite la creación de sistemas que reaccionan al desempeño del estudiante y predicen sus futuras necesidades. La investigación interdisciplinaria puede mejorar las habilidades de los docentes. Yigci et al. (2024) sostienen que esta integración ha transformado la manera en que los profesores abordan la planificación y ejecución de las clases, permitiéndoles ajustar su enfoque en función de datos precisos.

5.5.8. Proyectos de investigación multidisciplinarios

Los proyectos multidisciplinarios de investigación en IA educativa a menudo involucran la colaboración de expertos en psicología, lingüística, neurociencia e ingeniería; permiten una comprensión más profunda de cómo los estudiantes aprenden con apoyo de la IA. Por ejemplo, un estudio exploró el resultado de combinar retroalimentación automática mediante IA y rúbricas para desarrollar habilidades en las presentaciones orales de estudiantes de licenciatura en inglés como segundo idioma. La investigación empleó un enfoque mixto para analizar

las encuestas y los resultados mediante estadística descriptiva sobre los temas vistos. La cohorte de estudio incluyó a 70 estudiantes de inglés como lengua extranjera en una universidad pública de Sudamérica. Los hallazgos sugirieron la aceptación de esta herramienta de IA complementada con rúbricas y su influencia en reducir la ansiedad, aumentando la confianza en el uso de un idioma extranjero (Salvador-Cisneros, 2023). En este sentido, las alianzas estratégicas con empresas tecnológicas permiten a las universidades acceder a recursos, datos y tecnologías avanzadas que serían difíciles de obtener de otra manera. Además, estas colaboraciones facilitan la transferencia de conocimientos desde el ámbito académico hacia aplicaciones prácticas en el mundo real. Por ejemplo, la colaboración entre la Universidad de Toronto y Google ha dado lugar a múltiples innovaciones en el ámbito de la IA aplicada a la educación, incluyendo el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo para la personalización del aprendizaje *online* (LeCun et al., 2015).

Sin embargo, es crucial que los equipos de investigación multidisciplinarios desarrollen marcos éticos robustos que guíen el diseño y la implementación de tecnologías de IA en la educación. Binns et al. (2018) subrayan la importancia de abordar estas consideraciones éticas desde el inicio de los proyectos, destacando que la inclusión de expertos en ética y ciencias sociales es fundamental para que las tecnologías sean justas y equitativas.

5.6. Impacto de la IA en la generación de conocimiento en educación superior

La IA es crucial en la transformación de la enseñanza-aprendizaje y la generación de conocimiento. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y ofrecer *insights* profundos está revolucionando la forma en que las instituciones educativas abordan la investigación y la producción de nuevo conocimiento.

5.6.1. Análisis de datos y descubrimiento de conocimiento

La IA ha impactado el análisis de datos, al permitir a los investigadores en educación superior analizar vastos conjuntos de información educativa, desde registros académicos hasta interacciones en plataformas de aprendizaje en línea, para descubrir patrones, comprender los procesos de enseñanza-aprendizaje y generar nuevo conocimiento basado en datos empíricos. Por ejemplo, según Chen et al. (2022), la minería de datos educativos potenciada por IA permite identificar factores predictivos del éxito académico que no habían sido considerados previamente, lo que ha llevado al desarrollo de nuevas estrategias pedagógicas.

5.6.2. Automatización en la revisión de literatura y síntesis de conocimiento

La automatización de procesos en la revisión de literatura y la síntesis del conocimiento ha ganado relevancia en la investigación académica. Este enfoque permite a los investigadores procesar grandes volúmenes de información de manera eficiente, reduciendo el tiempo para identificar estudios relevantes y generar conclusiones coherentes. Bozkurt (2023) destaca que las herramientas basadas en IA pueden rastrear automáticamente publicaciones recientes, analizar su contenido y sugerir patrones emergentes en un área de estudio particular.

Alshahrani et al. (2024) subrayan que la IA puede facilitar el análisis de citas y referencias, proporcionando una visión más profunda de las relaciones entre estudios, lo que ayuda a identificar brechas en el conocimiento o áreas donde se requiere una mayor investigación. Este enfoque automatizado para la revisión de literatura también es efectivo en estudios multidisciplinarios, donde las interconexiones entre disciplinas pueden ser complejas de rastrear de manera manual.

Según Binns et al. (2018), los algoritmos de IA que emplean aprendizaje automático permiten una categorización y agrupación más precisa de estudios, mejorando la calidad de las revisiones sistemáticas o metasíntesis. Esta capacidad de organizar grandes cantidades de información beneficia a los investigadores al presentar análisis más robustos y exhaustivos.

En términos de aplicaciones específicas, las plataformas de revisión de literatura asistidas por IA aumentan la productividad de los investigadores, mejoran la precisión y evitan sesgos humanos en la selección de fuentes. Además, Gibert et al. (2023) abogan por un enfoque ético en la automatización de estos procesos, que, si bien pueden acelerar la investigación, se debe garantizar la transparencia en los algoritmos utilizados y la calidad de las fuentes seleccionadas.

Por otro lado, Yu et al. (2024) destacan que la automatización en la revisión de literatura es útil en campos en rápido crecimiento, como la educación y las ciencias de la computación. Las herramientas de IA pueden ayudar a los investigadores a mantenerse al día con estos avances, proporcionando resúmenes precisos y actualizaciones frecuentes.

5.6.3. Generación automática de hipótesis

La capacidad de la IA para generar hipótesis de manera automática es otra innovación que está transformando la investigación en educación superior, al proponer nuevas hipótesis que luego pueden ser exploradas y verificadas por investigadores humanos. Este enfoque permite explorar nuevas avenidas para el descubrimiento de conocimiento. Por ejemplo, en el campo de la ciencia de datos educativos, sistemas de IA han generado hipótesis sobre los factores que influyen en

la deserción estudiantil y han proporcionado nuevas perspectivas para mejorar la retención de estudiantes (Baker y Yacef, 2009).

5.6.4 Personalización del aprendizaje e investigación

El uso de algoritmos de IA permite adaptar los contenidos educativos a las necesidades individuales de los estudiantes, generando una experiencia de aprendizaje más efectiva y eficiente. Kamalov et al. (2023) destacan que los sistemas de recomendación basados en IA analizan los patrones de comportamiento de los estudiantes, proporcionando materiales de estudio y recursos adaptados a sus estilos de aprendizaje y rendimiento.

La personalización no solo se limita al contenido, sino a la metodología. Las plataformas de aprendizaje impulsadas por IA pueden ajustar las estrategias de enseñanza en función del progreso del estudiante. Esto es valioso en entornos de investigación, donde la IA puede sugerir enfoques personalizados para la revisión de literatura, el análisis de datos y la selección de métodos experimentales, ayudando a los investigadores a optimizar su trabajo (Rahiman y Kodikal, 2021).

La IA también tiene el potencial de apoyar la investigación a nivel institucional. Zawacki-Richter et al. (2019) señalan que, a través de la IA, los investigadores pueden acceder a herramientas que personalizan la búsqueda de literatura relevante y automatizan la identificación de tendencias en grandes conjuntos de datos, mejorando la eficiencia en la fase de descubrimiento y síntesis de conocimiento. Además, estas tecnologías permiten una retroalimentación en tiempo real, lo que facilita el ajuste y la mejora de los procesos de investigación.

George y Wooden (2023) argumentan que la IA es clave para desarrollar planes de aprendizaje personalizados alineados con sus metas a largo plazo. Al combinar datos sobre el rendimiento académico con información sobre sus preferencias, esta tecnología permite crear trayectorias de aprendizaje únicas que potencian el aprendizaje autónomo y el colaborativo. Por otro lado, Abulibdeh et al. (2024) subrayan que la personalización impulsada por IA plantea ciertos desafíos éticos en relación con la privacidad de los datos estudiantiles. La recopilación de información sobre el comportamiento y rendimiento de los estudiantes requiere un manejo adecuado para asegurar que la personalización no comprometa su autonomía o privacidad.

Popescu et al. (2023) mencionan que la personalización es esencial para ayudar a los investigadores a abordar problemas complejos de manera más eficiente. Las herramientas basadas en IA pueden personalizar los enfoques metodológicos y proporcionar recursos adaptados a los intereses específicos del investigador.

5.6.5. Desafíos éticos en la generación de conocimiento con IA

A pesar de sus beneficios, su uso en la generación de conocimiento presenta desafíos éticos que no deben ser ignorados. La cuestión del sesgo algorítmico, la transparencia en los procesos de generación de hipótesis y la propiedad intelectual de los resultados generados por IA son temas de creciente preocupación. Es esencial que las instituciones establezcan marcos éticos para asegurar que el conocimiento generado sea equitativo, inclusivo y responsable. Un informe de Floridi y Cowls (2019) resalta la necesidad de abordar estos desafíos éticos, recomendando la creación de comités interdisciplinarios que supervisen su uso en la investigación académica para garantizar que los principios éticos se integren en todas las etapas del proceso.

5.7. Desafíos y consideraciones éticas

5.7.1. Problemas éticos y de privacidad en el uso de datos en educación superior en IA

La IA ha abierto nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje, la evaluación y la gestión educativa. Sin embargo, también ha planteado desafíos éticos y de privacidad, en relación con el uso de datos de estudiantes, profesores y administrativos. A continuación, se abordan los asociados con el uso de datos en IA en la educación superior.

A) Recolección y uso de datos sensibles. Uno de los principales problemas éticos es la recolección masiva de datos sensibles. Estos sistemas requieren grandes cantidades de información para entrenar modelos, mejorar algoritmos y proporcionar resultados personalizados. Sin embargo, esto plantea preocupaciones sobre qué datos se recopilan, cómo se utilizan y quién tiene acceso a ellos (Slade y Prinsloo, 2013).

B) Sesgo algorítmico y discriminación. Los algoritmos de IA, al estar entrenados en conjuntos de datos que pueden contener sesgos inherentes, pueden reproducir y amplificar estas inequidades, lo que lleva a resultados discriminatorios. Esto es preocupante en contextos educativos, donde las decisiones tomadas pueden afectar el acceso de los estudiantes a recursos, evaluaciones y trayectoria académica (Noble, 2018).

C) Consentimiento informado y autonomía. El principio del consentimiento informado es fundamental en la ética del uso de datos. Los estudiantes a menudo no son conscientes de cómo se recopilan, almacenan y utilizan sus datos por los sistemas de IA (Fiesler y Proferes, 2018).

D) Protección de datos y ciberseguridad. Los sistemas de IA son vulnerables a ataques cibernéticos que podrían comprometer la seguridad de los datos sensibles. Además, la centralización de grandes volúmenes de datos en plataformas de IA plantea riesgos de seguridad que podrían resultar en el acceso no autorizado a información personal (Papernot et al., 2018).

E) Desafíos regulatorios y cumplimiento normativo. La rápida adopción de IA en la educación superior ha superado a menudo el desarrollo de marcos regulatorios que protejan la privacidad y los derechos de los individuos. Por ello, puede que las instituciones operen sin una supervisión adecuada, lo que puede comprometer los datos privados (Tene y Polonetsky, 2013).

5.7.2. Barreras para la adopción de tecnologías basadas en IA

A pesar de los numerosos beneficios que la IA puede ofrecer a la educación superior, la adopción de estas tecnologías enfrenta varias barreras significativas:

A) Limitaciones técnicas e infraestructura. Según Gupta y Bhaskar (2020), muchas instituciones de educación superior no cuentan con los recursos tecnológicos necesarios para implementar sistemas de IA a gran escala.

B) Costos financieros. Juca et al. (2024) subrayan que los costos asociados con la implementación de IA son una barrera importante para aquellas instituciones con presupuestos limitados. Las inversiones iniciales en *hardware*, *software* y formación del personal pueden ser prohibitivas.

C) Resistencia al cambio. Esta es otra barrera importante para la adopción de IA. Mihai et al. (2024) argumentan que muchos docentes y administradores se muestran reacios a utilizar estas tecnologías debido a la falta de familiaridad con ellas.

D) Problemas éticos y de privacidad. Abulibdeh (2024) subraya que la recopilación masiva de datos estudiantiles por sistemas de IA plantea importantes desafíos éticos, particularmente en lo que respecta a la protección de la privacidad y el uso responsable de la información.

E) Falta de capacitación. Zawacki-Richter et al. (2019) señalan que muchos educadores no cuentan con las habilidades técnicas para utilizar tecnologías de IA de manera efectiva.

5.7.3. Estrategias para enfrentar los desafíos de la IA en educación superior

5.7.3.1. Necesidades de capacitación y desarrollo profesional para el personal educativo

La integración de la IA en la educación superior ha creado un panorama en el que las competencias tradicionales del personal educativo ya no son suficientes. Esta rápida evolución requiere estrategias para que los educadores y administradores comprendan estas herramientas y desarrollen nuevas habilidades. Por lo tanto, es esencial abordar las necesidades de capacitación y desarrollo profesional para estos desafíos emergentes (Zawacki-Richter et al., 2019).

5.7.3.2. Desarrollo de competencias técnicas

Los educadores deben desarrollar competencias técnicas para utilizar herramientas y plataformas basadas en IA. Esto puede incluir habilidades en la manipulación y análisis de grandes conjuntos de datos, la configuración de sistemas de tutoría inteligente y la integración de estas herramientas en plataformas de gestión del aprendizaje (LMS) (UNESCO, 2020).

5.7.3.3. Competencias éticas y de privacidad

Con su creciente uso en la educación, también surge la necesidad de elaborar estrategias para que los educadores desarrollen competencias en ética y privacidad con el fin de abordar dilemas éticos que puedan surgir en la práctica. Los educadores deben ser capaces de aplicar principios éticos en el uso de IA y en la toma de decisiones informadas (Floridi y Cows, 2019).

5.7.3.4. Competencias en Innovación Pedagógica

La IA tiene el potencial de transformar la pedagogía tradicional, permitiendo un aprendizaje más personalizado y adaptativo. Sin embargo, para aprovechar al máximo estas tecnologías, se debe promover la innovación pedagógica. Esto incluye la capacidad para diseñar, implementar y evaluar nuevas estrategias de enseñanza que la integren de manera efectiva (Holmes et al., 2019). La siguiente tabla resume los principales desafíos éticos y técnicos relacionados con su implementación en la educación superior y las estrategias para abordarlos:

Tabla 6. Desafíos y estrategias en la implementación de la IA en educación superior

Desafío	Estrategia
Recolección y uso de datos sensibles	Implementar políticas claras de transparencia en la recolección de datos. Garantizar el consentimiento informado y educar a los usuarios sobre el uso de sus datos.
Sesgo algorítmico y discriminación	Desarrollar y aplicar algoritmos más inclusivos que minimicen sesgos. Implementar auditorías regulares de los sistemas de IA para identificar y corregir sesgos.
Consentimiento informado y autonomía	Mejorar la transparencia de los sistemas de IA. Desarrollar programas de educación que informen claramente sobre el uso de los datos y sus implicaciones.
Protección de datos y ciberseguridad	Adopción de técnicas avanzadas de cifrado y medidas de ciberseguridad robustas. Establecer protocolos de respuesta ante incidentes de seguridad.
Desafíos regulatorios y cumplimiento normativo	Desarrollar marcos regulatorios específicos para la educación superior, garantizando la protección de la privacidad y derechos de los individuos.

Desafío	Estrategia
Limitaciones técnicas e infraestructura	Invertir en infraestructura tecnológica adecuada, como servidores, almacenamiento en la nube y sistemas de seguridad. Capacitar al personal para gestionar la tecnología.
Costos financieros	Buscar fuentes de financiamiento externo o subvenciones. Implementar soluciones de IA escalables que maximicen el retorno de la inversión a largo plazo.
Resistencia al cambio	Crear programas de sensibilización y formación para educadores y administradores, destacando los beneficios y la importancia de la IA.
Problemas éticos y de privacidad	Implementar políticas y procedimientos de protección de la privacidad y manejo ético de los datos. Fomentar la colaboración con expertos en ética de la IA.
Falta de capacitación	Desarrollar programas de formación continua que integren la IA en el currículo académico y en la formación profesional del personal educativo.
Desarrollo de competencias técnicas	Ofrecer formación técnica específica en el manejo de herramientas y plataformas de IA. Crear programas de desarrollo profesional en tecnologías emergentes.
Competencias éticas y de privacidad	Incluir módulos de ética de la IA y protección de datos en los programas de formación docente. Promover la conciencia ética en el uso de IA en la educación.
Competencias en innovación pedagógica	Capacitar a los educadores para diseñar y aplicar métodos pedagógicos innovadores que integren eficazmente la IA. Fomentar el enfoque centrado en el estudiante.

Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones

Este capítulo ha explorado la integración de la IA en la educación superior, abordando tanto sus beneficios como los desafíos asociados a su implementación. A lo largo del texto, se han identificado varios aspectos fundamentales que a continuación se resumen.

6.1. Beneficios potenciales de la IA en la educación superior

La IA ofrece una serie de beneficios que pueden transformar la educación superior. Desde la personalización del aprendizaje hasta la optimización de procesos administrativos. Además, tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad educativa y la eficiencia institucional. Uno de los hallazgos clave, es que permite una educación más adaptativa, en la que los estudiantes reciben apoyo personalizado basado en sus necesidades individuales, lo que puede llevar a mejores resultados académicos (Holmes et al., 2019).

6.2. Desafíos técnicos, éticos y culturales

Su adopción enfrenta varios desafíos. Técnicamente, muchas instituciones carecen de la infraestructura y el conocimiento necesario para implementarlas de manera efectiva. Éticamente, el uso de datos personales y la posibilidad de sesgo algorítmico plantean preocupaciones significativas. En este panorama, surge la aplicación alternativa XAI cuyo significado es “Inteligencia Artificial Explicable” (*Explainable Artificial Intelligence* en inglés). Es un campo de la IA que se enfoca en desarrollar métodos para que sean comprensibles y transparentes para los humanos. Es decir, busca que las máquinas puedan explicar cómo llegaron a sus conclusiones, permitiendo a los usuarios comprender y confiar en ellas. Esto se da porque los modelos de IA de aprendizaje automático se perciben como “cajas negras”, con procesos internos difíciles de comprender, incluso para sus creadores. Al entender cómo funciona la IA, los usuarios pueden confiar más en sus resultados. La transparencia permite evaluar los resultados, tomar decisiones informadas, cumplir con las regulaciones, corregir sesgos y mejorar la calidad de los modelos (XAI, 2025). El desafío cultural consiste en enfrentar la resistencia al cambio, donde muchos educadores y administradores sienten incertidumbre sobre cómo la IA puede afectar sus roles (Zawacki-Richter et al., 2019; Floridi y Cows, 2019).

6.3. Barreras para la adopción de IA

Este capítulo también ha destacado las principales barreras para la adopción de IA en la educación superior, que incluyen limitaciones técnicas, costos elevados, resistencia institucional y desafíos éticos. Estos factores crean disparidades entre las instituciones que pueden permitirse adoptar estas tecnologías y aquellas que no.

6.4. Necesidades de capacitación y desarrollo profesional

Es urgente capacitar al personal educativo. La formación en competencias técnicas y éticas es esencial para asegurar que los educadores puedan utilizar la IA de manera efectiva y responsable. La creación de una cultura de aprendizaje continuo es fundamental para superar los desafíos asociados a la rápida evolución tecnológica (Huang et al., 2020).

6.5. Innovación pedagógica y colaboración interdisciplinaria

La IA no solo afecta la administración y la gestión institucional, sino que también ofrece oportunidades para innovar en la pedagogía. Es importante repensar las estrategias educativas tradicionales e integrar la IA. Además, la colaboración interdisciplinaria es clave para aprovechar la diversidad de conocimientos y resolver problemas complejos (Holmes et al., 2019).

6.6. Consideraciones éticas y barreras para la adopción

Finalmente, se ha enfatizado la importancia de abordar las consideraciones éticas y las barreras para la adopción de IA. Estas deben realizarse de manera responsable, teniendo en cuenta tanto los posibles beneficios como los riesgos asociados. Es crucial que las instituciones desarrollen marcos éticos y políticas para garantizar el respeto a la privacidad y la equidad (Floridi & Cowls, 2019).

6.7. Conclusión general

La IA ofrece un gran potencial para transformar la educación superior, pero su adopción no está exenta de desafíos. Su implementación exitosa requiere superar barreras técnicas y económicas, también un enfoque consciente en la formación del personal, la ética y la innovación pedagógica. Solo a través de un encuadre integral y colaborativo se podrán maximizar sus beneficios en favor de la educación superior.

Referencias

- Abulibdeh, A., Zaidan, E. y Abulibdeh, R. (2024). Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions. *Journal of Cleaner Production*, 437(1), 140527. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140527
- Alshahrani, B., Pileggi, S. y Karimi, F. (2024). A Social Perspective on AI in the Higher Education System: A Semisystematic Literature Review. *Electronics*, 13(8), 1572. doi:https://doi.org/10.3390/electronics13081572
- Al-Zahrani, A. y Alasmari, T. (2023). Learning Analytics for Data-Driven Decision Making: Enhancing Instructional Personalization and Student Engagement in Online Higher Education. *International Journal of Online Pedagogy and Course Design*, 13, 1-18. doi:10.4018/IJOPCD.331751
- Arnold, K. y Pistilli, M. (2012). Course signals at Purdue: using learning analytics to increase student success. En *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 267-270). ACM Digital Library. https://doi.org/10.1145/2330601.2330666
- Baker, R. y Yacef, K. (2009). The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions. *Journal of Educational Data Mining*, 1(1), 3-17. https://doi.org/10.5281/zenodo.3554657
- Baker, R. y Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. En K. Sawyer. (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 253-272). Cambridge University Press.
- Baker, T. y Smith, L. (2019). *Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. Nesta.
- Barrantes, R. (2024). *Mejorando la criptografía con modelos de inteligencia artificial* [Tesis de licenciatura, Universidad Internacional San Isidro Labrador]. Repositorio UISIL. https://uisil.net/repositorio/articulo/46
- Binns, R. (2018). Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy. *Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 81, 149-159. https://doi.org/10.48550/arXiv.1712.03586
- Binns, R., Kleck, M., Veale, M., Lyngs, U., Zhao, J. y Shadbolt, N. (2018). 'It's Reducing a Human Being to a Percentage': Perceptions of Justice in Algorithmic Decisions. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (377), 1-14. https://doi.org/10.1145/3173574.3173951
- Boell, S. y Cecez-Kecmanovic, D. (2015). On being 'Systematic' in Literature Reviews in IS. *Journal of Information Technology*, 30(2), 161-173. https://doi.org/10.1057/jit.2014.26
- Bozkurt, A. (2023). Unleashing the potential of generative AI, conversational agents and chatbots in educational praxis: A systematic review and bibliometric analysis of

- GenAI in education. *Open Praxis*, 15(4), 261-270. doi:<http://dx.doi.org/10.55982/openpraxis.15.4.609>
- Braun, V. y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research In Psychology*, 3(2), 77-101. doi: 10.1191/1478088706qp063oa
- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. y Järvelä, S. (2022). The Promises and Challenges of Artificial Intelligence for Teachers: a Systematic Review of Research. *Tech Trends*, 66, 616-630. doi:<https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- Chen, B., Liu, Y. y Zheng, J. (2022). Using data mining approach for student satisfaction with teaching quality in high vocation education. *Frontiers in Psychology*, 12(746558), 1-9. doi:10.3389/fpsyg.2021.746558
- Chiu, T., Moorhouse, B., Chai, C. e Ismailov, M. (2023a). Teacher support and student motivation to learn with Artificial Intelligence (AI) based chatbot. *Interactive Learning Environments*, 3(7), 1-17. doi:<https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2172044>
- Chiu, T., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. y Cheng, M. (2023b). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. doi:<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Clark, R. y Mayer, R. (2016). *E-learning and the Science of Instruction fourth edition*. Wiley.
- Davenport, T. y Ronanki, R. (2018). Artificial Intelligence for the Real World. *Harvard Business Review*.
- Dlamini, M. y Leung, W. (2018). Enhancing Object-Oriented Programming Pedagogy with an Adaptive Intelligent Tutoring System. En S. Kabanda, H. Suleman, y S. Gruner. (Eds.), *Communications in Computer and Information Science* (pp. 269-284). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05813-5_18
- Fiesler, C. y Proferes, N. (2018). “Participant” Perceptions of Twitter Research Ethics. *Social Media + Society*, 4(1), 1-14. <https://doi.org/10.1177/2056305118763366>
- Floridi, L. y Cows, J. (2019). A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. *Harvard Data Science Review*, 1(1), 1-14. 10.1162/99608f92.8cd550d1
- George, B. y Wooden, O. (2023). Managing the Strategic Transformation of Higher Education through Artificial Intelligence. *Administrative Sciences*, 13(9), 196. doi:<https://doi.org/10.3390/admsci13090196>
- Gibert, R., Gorina, A., Reyes-Palau, N., Tapia-Sosa, E. y Siza, S. (2023). Educación 4.0: Enfoque innovador apoyado en la inteligencia artificial para la educación superior. *Universidad y Sociedad*, 15(6), 60-74. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4122>
- Gupta, K. y Bhaskar, P. (2020). Inhibiting and Motivating Factors Influencing Teachers’ Adoption of AI-Based Teaching and Learning Solutions: Prioritization Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 693-723. <https://doi.org/10.28945/4640>

- Han, X., Xiao, S., Sheng, J. y Zhang, G. (2024). Enhancing Efficiency and Decision-Making in Higher Education Through Intelligent Commercial Integration: Leveraging Artificial Intelligence. *Journal of the Knowledge Economy*, 16, 1546-1582. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01868-2>
- Hashmi, N. y Bal, A. (2024). Generative AI in higher education and beyond. *Business Horizons*, 67(5), 607-614. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2024.05.005>
- Hey, A. (2024, 25 de mayo). Los 10 mejores chatbots para tutores de IA. *Coursebox*. <https://www.coursebox.ai/es/blog/best-ai-tutor-chatbot>
- Holmes, W., Bialik, M. y Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education. Promise and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Huang, R., Spector, J. M. y Yang, J. (2020). *Educational Technology A Primer for the 21st Century*. Springer.
- Juca, F., Carchi, K. y Rosales, C. (2024). Análisis de costos mediante inteligencia artificial: un estudio comparativo de plataformas emergentes. *Revista Dilemas Contemporáneos*, 56(1), 1-16. doi: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i1.4327>
- Kabashkin, I., Misnevs, B. y Puptsau, A. (2023). Transformation of the University in the Age of Artificial Intelligence: Models and Competences. *Transport and Telecommunication*, 24(3), 209-216. <http://dx.doi.org/10.2478/ttj-2023-0017>
- Kamalov, F., Santandreu, D. y Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. *Sustainability*, 15(16), 12451. doi:<https://doi.org/10.3390/su151612451>
- Kitchenham, B., Budgen, D. y Brereton, P. (2015). *Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews*. Chapman and Hall/CRC.
- Kornilaev, L. (2021). Kant's doctrine of education and the problem of artificial intelligence. *Journal of Philosophy of Education*, 55(6), 1072-1080. doi:<https://doi.org/10.1111/1467-9752.12608>
- LeCun, Y., Bengio, Y. e Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, 521, 436-444. <https://www.nature.com/articles/nature14539>
- Levy, Y. y Ellis, T. (2006). A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research. *Informing Science: The International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 9, 181-212. <https://doi.org/10.28945/479>
- Lin, X., Wang, Z., Zhou, W., Luo, G., Hwang, G.-J., Zhou, Y. et al. (2023). Technological support to foster students' artificial intelligence ethics: An augmented reality-based contextualized dilemma discussion approach. *Computers & Education*, 201(1), 104813. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104813>
- Long, P. y Siemens, G. (2011). *Penetrating the Analytics in Learning and Education*. EDUCAUSE.
- Luckin, R. y Holmes, W. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.

- Means, B., Bakia, M. y Murphy, R. (2014). *Learning Online: What Research Tells Us About Whether, When and How*. Routledge. <http://dx.doi.org/10.4324/9780203095959>
- Mihai, L.-S., Manescu, L.-G., Laura, V. y Bandoi, A. (2024). A Systematic Analysis of New Approaches to Digital Economic Education Based on the Use of AI Technologies. *Amfiteatru Economic*, 26(65), 201-219. <http://dx.doi.org/10.24818/EA/2024/65/201>
- Mosteanu, N. (2022). Machine Learning and Robotic Process Automation Take Higher Education One Step Further. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, 1, 92-99.
- Murdan, A. y Halkoree, R. (2024, del 3 al 6 de junio). Integration of Artificial Intelligence for educational excellence and innovation in higher education institutions [conferencia]. *1st International Conference on Smart Energy Systems and Artificial Intelligence*, Mauritius, África. <http://dx.doi.org/10.1109/SESAT61023.2024.10599402>
- Niu, W., Zhang, W., Zhang, C. y Chen, X. (2024). The Role of Artificial Intelligence Autonomy in Higher Education: A Uses and Gratification Perspective. *Sustainability*, 16(3), 1276. <https://doi.org/10.3390/su16031276>
- Noble, S. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism*. NYU Press.
- Papernot, N., McDaniel, P., Sinha, A. y Wellman, M. (2018, del 24 al 26 de abril). SoK: Security and Privacy in Machine Learning [conferencia]. *IEEE European Symposium on Security and Privacy*, London UK. doi:10.1109/EuroSP.2018.00035
- Popescu, R., Oana, S. y Trusca, M. (2023). The Contribution of Artificial Intelligence to Stimulating the Innovation of Educational Services and University Programs in Public Administration. *Transylvanian Review of Administrative Sciences*, (70), 85-108. <http://dx.doi.org/10.24193/tras.70E.5>
- Rahiman, H. y Kodikal, R. (2024). Revolutionizing education: Artificial intelligence empowered learning in higher education. *Cogent Education*, 11(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2293431>
- Rincón, J. y Vila, M. (2021). Modelo predictivo multivariable en tiempo real para predecir el desempeño de los estudiantes, en programas virtuales de posgrado, empleando inteligencia artificial. *Americal Journal of Distance Education*, 35(4), 307-328. doi:<https://doi.org/10.1080/08923647.2021.1954839>
- Saaïda, M. (2023). AI-Driven transformations in higher education: Opportunities and challenges. *International Journal of Educational Research and Studies*, 5(1), 29-36.
- Salvador-Cisneros, K., Bolanos-Mendoza, C., Domínguez, F. y Yambay, K. (2023). Application of AI in Automatic Feedback and Rubrics for improving oral presentations in English as Foreign Language Learners [conferencia]. *Proceedings of the 2023 6th International Conference on Educational Technology Management (ICETM '23)*, New York, USA. <https://doi.org/10.1145/3637907.3637946>
- Sayed, M. (2024). Student Progression and Dropout Rates Using Convolutional Neural Network: A Case Study of the Arab Open University. *Journal of Advanced Computational*

- Intelligence and Intelligent Informatics*, 28(3), 668-678. <http://dx.doi.org/10.20965/jaciii.2024.p0668>
- Shuford, J. (2023). Contribution of Artificial Intelligence in Improving Accessibility for Individuals with Disabilities. *Journal of Knowledge Learning and Science Technology*, 2(2), 421-433. <https://doi.org/10.60087/jklst.vol2.n2.p433>
- Slade, S. y Prinsloo, P. (2013). Learning Analytics Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1510-1529. DOI: 10.1177/0002764213479366
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Susnjak, T. (2023). Beyond Predictive Learning Analytics Modelling and onto Explainable Artificial Intelligence with Prescriptive Analytics and ChatGPT. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34, 452-482. doi:10.1007/s40593-023-00336-3
- Tene, O. y Polonetsky, J. (2013). Big Data for All: Privacy and User Control in the Age of Analytics. *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*, 11(5), 240-273. <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/njtip/vol11/iss5/1>
- Triberti, S., Di Fuccio, R., Scuotto, C., Marisco, E. y Limone, P. (2024). “Better than my professor?”: how to develop Artificial Intelligence tools for higher education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 7, 1-9. <http://dx.doi.org/10.3389/frai.2024.1329605>
- Tuomi, I. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education: Policies for the Future*. European Commission. <http://dx.doi.org/10.2760/12297>
- UNESCO. (2020). *Artificial Intelligence in Education: Challenges and Opportunities for Sustainable Development*.
- Ungerer, L. y Slade, S. (2022). Ethical Considerations of Artificial Intelligence in Learning Analytics in Distance Education Contexts. En P. Prinsloo, S. Slade y M. Khalil. (Eds.), *Learning Analytics in Open and Distributed Learning* (pp. 105-120). SpringerBriefs in Education. doi:10.1007/978-981-19-0786-9_8
- VanLehn, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Williamson, B., Bayne, S. y Shay, S. (2020). The datafication of teaching in Higher Education: critical issues and perspectives. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 351-365. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1748811>
- Winkler, R. y Söllner, M. (2018). Unleashing the Potential of Chatbots in Education: A State-Of-The-Art Analysis. *Academy of Management Proceedings*, (1), 15903. doi: 10.5465/AMBPP.2018.15903abstract
- Yang, X. y Li, J. (2021). Predictive analytics in education: Enhancing student outcomes with AI. *Computers in Education*, 51(4), 301-316.

- Yigci, D., Eryilmaz, M., Yetisen, A., Tasoglu, S. y Ozcan, A. (2024). Large Language Model-Based Chatbots in Higher Education. *Advanced Intelligent Systems*, 7(3), 2400429. <https://doi.org/10.1002/aisy.202400429>
- Yu, P., Fang, C., Liu, X., Fu, W., Ling, J., Yan, Z. et al. (2024). Performance of ChatGPT on the Chinese Postgraduate Examination for Clinical Medicine: Survey Study. *JMIR Medical Education*, 10, e48514. <https://doi.org/10.2196/48514>
- Yu, Z. y Lin, X. (2020). Impact of Environmental Education with VR Equipment on Learning Performance and Environmental Identity. En *Cyber Security Intelligence and Analytics* (pp. 3-9). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-43309-3_1
- Yuan, J., Liu, Y., Han, X., Li, A. y Zhao, L. (2023). Educational metaverse: an exploration and practice of VR wisdom teaching model in Chinese Open University English course. *Interactive Technology and Smart Education*, 20(3), 403-421. <https://doi.org/10.1108/ITSE-10-2022-0140>
- Yufei, L., Saleh, S., Jiahui, H. y Abdullah, S. (2020). Review of the Application of Artificial Intelligence in Education. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12(8), 548-562. <http://dx.doi.org/10.53333/IJICC2013/12850>
- Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M. y Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

A graphic consisting of a light blue circle containing the word 'Capítulo' in a small, dark blue, sans-serif font above a large, bold, dark red number '3'.

Implementación de algoritmo genético para optimizar la difusión de eventos académicos por medio de correo electrónico

Victor Axel Mar Alexandre¹

*Juan Carlos Huerta Mendoza**

Sanjuanita Crescencia Ortiz Valadez

Ramón Gerardo Tijerina Rodríguez

Resumen

Este capítulo tiene como objetivo mostrar un algoritmo genético para optimizar la difusión de información sobre eventos académicos en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe (UAMRR) a través de correo electrónico. El problema planteado es que la difusión de información no toma en cuenta los intereses de los estudiantes, como: la carrera que están cursando, la disponibilidad, la asistencia que han tenido a eventos y el estatus que tienen en la universidad (practicante, egresado, suspendido). Lo anterior puede resultar en una baja participación a los eventos/actividades académicas por parte de los estudiantes. Además, se explican los componentes principales de los algoritmos genéticos, como la selección, el cruce y la mutación, que permiten tener soluciones óptimas. La metodología es mixta, aplicada, experimental y documental. La población de estudio corresponde a alumnos de la UAMRR, y la muestra es de 96 alumnos. Las variables operacionalizadas son la satisfacción de usuario y la eficiencia del algoritmo genético.

Palabras clave: algoritmo genético, inteligencia artificial, aplicaciones *web*.

¹Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe-Universidad Autónoma de Tamaulipas

* Autor de correspondencia. E-mail: jchuerta@docentes.uat.edu.mx

1. Introducción

Los algoritmos genéticos (AG) o de optimización replican el proceso de selección natural con la finalidad de encontrar soluciones a problemas complejos. La importancia de los AG se centra en su capacidad para encontrar soluciones en un espacio de búsqueda amplio. Estos se han aplicado con gran éxito en problemas enfocados en optimización, planificación, clasificación, aprendizaje automático, robótica y diseño de sistemas. Son sumamente útiles para resolver problemas donde existen múltiples objetivos y restricciones que son difíciles de definir o calcular. Además, son capaces de manejar soluciones subóptimas o incompletas, frente a cambios en el ambiente o en los datos de entrada. Por esta razón, llegan a ser muy útiles en las situaciones en donde la solución exacta no es necesaria o no es posible (Fogel, 2000).

Los AG tienen aplicaciones en diferentes campos que van desde la ingeniería, la economía y la gestión empresarial, para mejorar el diseño de estructuras, la planificación de rutas y la programación de procesos industriales. Por ejemplo, se pueden utilizar para encontrar el diseño óptimo de un avión o la secuencia de operaciones más eficiente en una planta de producción; también se utiliza para la identificación de patrones, la exploración de datos complejos o para optimizar la clasificación de muestras en análisis de imágenes o señales. En el campo de la economía, los AG se emplean para la optimización de carteras de inversión, la planificación de producción y la asignación de recursos, en función de la demanda del mercado. Finalmente, en el campo de la gestión empresarial, se destinan para el perfeccionamiento de la cadena de suministro, la programación de horarios y la gestión de la logística (Goldberg, 1989).

Un AG se aplicó para compilar horarios de plantadores y buscar una mejora adicional hasta que se encontrara un horario casi perfecto, con la intención de acrecentar la eficiencia en la producción de sembradoras, mejorar la calidad y reducir los inventarios (Petzinger, 1995). Otro AG se implementó en un modelo financiero utilizado para predecir los precios futuros de las acciones en el mercado de valores; se buscaba mejorar la precisión de las predicciones y que los inversores tomaran decisiones más informadas en cuanto a sus inversiones en acciones (Mani, 2023). En otro caso, se implementó para resolver un problema de programación de talleres, que consiste en asignar tareas a diferentes máquinas para cumplir con los objetivos de producción, utilizando una representación de cromosomas y un conjunto de operadores genéticos para generar nuevas soluciones (Jensen, 2023).

En este trabajo de investigación se utiliza un AG para realizar de una manera más eficiente el proceso de la difusión de eventos académicos de la UAMRR;

para ello se describe el impacto que tienen los algoritmos genéticos en este tipo de escenarios, la estructura y el funcionamiento de cada uno de sus operadores (selección, cruzamiento, mutación, función de aptitud). Por otra parte, se detallan las diferentes herramientas tecnológicas involucradas. Además, se explica el proceso de diseño del AG, incluyendo los experimentos realizados y el análisis de resultados.

Actualmente en la UAMRR, la difusión de la información de eventos académicos va dirigida hacia toda la comunidad estudiantil, provocando una saturación en los buzones de correo electrónico con información con la que no tiene afinidad. Esto puede ocasionar que se ignore la información en general, incluso la que podría interesarles.

El presente capítulo tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación *web* que permita implementar un AG capaz de optimizar la difusión de información de los eventos académicos con los estudiantes por medio del correo electrónico institucional. Su desarrollo e implementación le permitirá a la UAMRR aumentar la probabilidad de que los alumnos asistan, fomentando la participación en la universidad.

2. Fundamentos teóricos

Enseguida se presentan los conceptos que ayudan a comprender los componentes de los AG, las tecnologías para desarrollo de su ventana de implementación y desarrollo para este proyecto.

2.1. Algoritmos genéticos

Los AG son una técnica de búsqueda y optimización basada en la teoría de la evolución natural y la genética del naturalista británico Charles Darwin (Holland, 1992), que explica cómo las especies mejoran con el tiempo gracias a la selección natural, donde los más fuertes y mejor adaptados sobreviven y se reproducen, mientras que los menos adaptados tienen menos posibilidad de hacerlo (Serrano, 2016).

Los AG utilizan dos mecanismos principales: el entrecruzamiento y la mutación de genes. El entrecruzamiento se puede representar como una mezcla de las características de dos individuos para crear un ser mejor que sus padres. La mutación es un cambio aleatorio en los genes de un individuo que, aunque a menudo es negativo, a veces puede resultar en mejoras. Los AG inician con una gran cantidad de soluciones diferentes, evolucionan poco a poco, seleccionando las mejores y creando descendencia. Los AG no garantizan encontrar la solución perfecta, aunque pueden dar soluciones óptimas (Serrano, 2016).

2.1.1. Célula

Un gen es una célula de información que contiene un valor específico para una variable o componente de la solución, y es la unidad básica dentro de una estructura de datos más grande, como un cromosoma o una población. Cada individuo representa una solución candidata al problema y la secuencia de genes en un cromosoma que define la solución completa al problema.

2.1.2. Cromosoma

Un cromosoma es una estructura de datos formada por una secuencia de genes. Es una parte fundamental del proceso, al codificar las soluciones y los operadores genéticos, como el cruce y la mutación. La representación más común para los cromosomas es la cadena binaria, donde cada gen es un bit que puede tomar el valor de 0 o 1; sin embargo, también existen representaciones alternativas -cadenas de caracteres, números enteros o reales- y estructuras de datos más complejas -árboles y grafos-. En el proceso de un AG, se crea una población inicial de cromosomas de manera aleatoria o mediante heurística, para después evaluar su calidad utilizando una función de aptitud para resolver el problema. Así, se seleccionan los más aptos para la reproducción y se aplican operadores genéticos -cruce y mutación- para generar nuevos cromosomas, que formarán la próxima generación de la población. Este proceso se repite hasta que se alcanza un criterio de terminación, como un número máximo de generaciones o una solución de calidad suficiente (Mitchell, 1996).

2.2. Componentes y estructura de los algoritmos genéticos

Los AG igualan el proceso evolutivo de la selección natural, en el cual los individuos más aptos tienen una probabilidad más elevada de reproducirse y transmitir sus genes a las siguientes generaciones (Darwin, 2019). Los AG están basados en varios componentes fundamentales (Serrano, 2016).

2.2.1. Población inicial

La población inicial es el conjunto de soluciones que se generan de manera aleatoria al comienzo del algoritmo (Holland, 1992). Se les conoce como individuos o cromosomas. Cada uno tiene un conjunto de características o genes, que pueden estar representados de diferentes maneras, como cadenas binarias, números enteros, flotantes o estructuras más complejas, según el problema a resolver (Goldberg, 1989). La representación de los individuos es fundamental, ya que influye en la forma en que se aplicarán los operadores genéticos y cómo se evaluará la calidad de las soluciones.

Una población diversa permitirá una mayor exploración del espacio de búsqueda, aumentando las posibilidades de encontrar soluciones de alta calidad. Si la población inicial es demasiado homogénea, el algoritmo podría quedar atrapado en mínimos locales, limitando su capacidad para encontrar soluciones óptimas (Holland, 1992).

A medida que el AG avanza, la población inicial evoluciona, teniendo como resultado nuevas generaciones de individuos con características potencialmente mejores que las de sus padres. La calidad de la población inicial puede afectar la velocidad de convergencia del algoritmo, pero no necesariamente su capacidad para encontrar soluciones de alta calidad (Goldberg, 1989).

2.2.2. Función de evaluación

Esta se encarga de medir la calidad o el rendimiento de cada individuo en la población, permitiendo determinar qué tan bien se ajusta la solución propuesta al problema que se busca resolver. Su objetivo es asignar un valor numérico a cada individuo en función de su desempeño, estos valores guían la selección y reproducción, favoreciendo a aquellos individuos con una mayor calidad. Entonces, la función de *fitness* es crucial para dirigir la búsqueda de soluciones óptimas en el espacio de posibilidades (Smith, 2015).

2.2.3. Selección

El principal propósito de la selección en AG es asegurar que aquellos individuos con un rendimiento superior tengan mayores oportunidades de ser elegidos para la reproducción; las características de los individuos con alta adaptación se transmiten a la siguiente generación, mejorando la calidad global de la población. Es crucial mantener un equilibrio entre la preservación de la diversidad en la población y la convergencia hacia soluciones óptimas. Si la selección es demasiado intensa, la diversidad en la población puede disminuir rápidamente, lo que puede provocar una convergencia prematura hacia soluciones subóptimas; si la selección es débil, el algoritmo puede tardar mucho tiempo en converger hacia soluciones de alta calidad (Goldberg, 1989).

2.2.4. Cruce

Al cruce también se le puede llamar como recombinación y tiene como objetivo generar nuevas soluciones candidatas a partir de las existentes en la población. Este permite la transmisión y combinación de la información genética de los padres a sus descendientes, lo que facilita la exploración y explotación del espacio de soluciones. El proceso de cruce comienza seleccionando dos soluciones candidatas

de la población, llamadas padres, que se combinan para generar uno o dos hijos con características deseables. En las representaciones no binarias, como las listas o los números reales, se pueden utilizar métodos de cruce específicos -de orden, de ciclos o aritmético- que tienen en cuenta las características y restricciones del problema (Smith, 2015).

2.2.5. Mutación

Este permite la diversificación y exploración de resultados al introducir pequeñas modificaciones en las soluciones existentes. El cruce combina la información genética de dos soluciones para generar descendientes, en tanto la mutación opera en una única solución y altera uno o más de sus genes de manera aleatoria. El objetivo principal de la mutación es mantener la diversidad en la población de soluciones, lo que ayuda a evitar la convergencia prematura a óptimos locales. Sin embargo, debe aplicarse con una tasa baja, de lo contrario, la búsqueda aleatoria puede ser poco eficiente y perder buenas soluciones. La elección de la tasa de mutación y el método pueden tener un impacto significativo en el rendimiento del AG, por lo tanto, es común emplear técnicas de adaptación de parámetros o de sintonización automática para ajustar la tasa de mutación y otros parámetros del AG durante la ejecución del algoritmo (Smith, 2015).

2.2.6. Iteraciones

Las iteraciones, o también conocidas como generaciones, también son una parte fundamental del proceso evolutivo en los AG. Cada generación es un ciclo completo en el proceso evolutivo que incluye selección, cruce, mutación y reemplazo de individuos en la población. A medida que se realizan las iteraciones, se generan nuevos individuos, seleccionados en función de su calidad o *fitness*, para participar en la reproducción. Después se aplican operadores genéticos para generar nuevos individuos. Las iteraciones en los AG permiten la evolución de soluciones a lo largo del tiempo con información genética de alta calidad propagada en la población. Sin embargo, es importante mantener cierto grado de diversidad en la población para evitar la convergencia prematura a soluciones subóptimas y explorar el espacio de soluciones de manera más efectiva. El número de iteraciones o generaciones es un parámetro clave en el rendimiento del algoritmo. Un número insuficiente de iteraciones puede resultar en una búsqueda incompleta del espacio de soluciones y soluciones de baja calidad, por su contraparte, un número excesivo de iteraciones puede aumentar el tiempo de ejecución del algoritmo sin mejorar la calidad de las soluciones (Mitchell, 1996).

2.2.7. Terminación

Determina cuándo finaliza el proceso de búsqueda y optimización. Una de las estrategias más comunes es establecer un número máximo de generaciones, esto permite controlar el tiempo de ejecución y los recursos computacionales utilizados, pero no garantiza que se haya encontrado la solución óptima al finalizar. Otro criterio es detener el algoritmo cuando la mejor solución encontrada no ha mejorado en un cierto número de generaciones consecutivas, esto indica que el algoritmo ha alcanzado un estancamiento y es poco probable que mejore significativamente la solución actual en un futuro próximo. También es posible establecer un objetivo de aptitud o *fitness*; si el algoritmo encuentra una solución con un valor de aptitud igual o superior al objetivo, el proceso de búsqueda se detiene, esto es útil cuando se conoce el valor óptimo de la función de aptitud o cuando se tiene una idea aproximada de la calidad de la solución deseada. Por último, se puede utilizar una combinación de estos criterios; esta estrategia permite equilibrar el tiempo de ejecución, la calidad de la solución y la convergencia del algoritmo (Goldberg, 1989).

2.3. Programación de lado del servidor

Este concepto se refiere al desarrollo de aplicaciones y *scripts* que se ejecutan en el servidor en lugar del navegador del usuario, esto permite una mayor seguridad, acceso a bases de datos y procesamiento más eficiente. La programación del lado del servidor se utiliza comúnmente en aplicaciones y servicios *web*. Entre los lenguajes y tecnologías de programación más utilizados se encuentran SQL Server y C# (A. Silberschatz, 2010).

2.3.1. SQL Server

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional (RDBMS) desarrollado por Microsoft, este sistema utiliza el lenguaje de consulta estructurado (SQL) para interactuar con las bases de datos y realizar operaciones como la creación, modificación, eliminación y consulta de datos. Esta herramienta es fundamental en el desarrollo de aplicaciones y servicios *web* que requieren acceso a bases de datos para almacenar y recuperar información (Date, 2003).

2.3.2. C#

C# es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft como parte de la plataforma .NET y es un lenguaje de alto nivel, tipo seguro y de propósito general que combina características de lenguajes como C++ y Java, facilitando el desarrollo de plataformas y aplicaciones de escritorio, *web* y móviles (Cosio, 2010).

Este lenguaje es compatible con la plataforma .NET de Microsoft, lo que significa que las aplicaciones escritas en C# pueden aprovechar las características y servicios de la plataforma .NET, como la biblioteca de clases de .NET Framework y la plataforma de ejecución de Common Language Runtime (CLR), la compatibilidad con .NET también permite a los desarrolladores utilizar C# junto con otros lenguajes de .NET, como Visual Basic .NET y F#, lo que facilita la creación de soluciones más robustas y versátiles (Hejlsberg, et al. 2011).

2.4. Programación del lado del cliente

Se refiere al desarrollo de aplicaciones y *scripts* que se ejecutan en el navegador del usuario en lugar del servidor, esto permite una mayor interacción con el usuario, animaciones y actualizaciones dinámicas de la página. Entre los lenguajes y tecnologías de programación del lado del cliente más utilizados se encuentran HTML, JavaScript y CSS (Flanagan, 2011).

2.4.1. HTML

HTML, de las siglas de *HyperText Markup Language* (Lenguaje de Marcado de Hipertexto), se utiliza para estructurar el contenido de una página *web*, de una manera accesible y fácil tanto para los desarrolladores como para los navegadores, incorporando nuevas funcionalidades, mejorando la estructura y el rendimiento en sus últimas versiones (Gauchat, 2015). Para este proyecto, se utiliza HTML por ser el lenguaje estándar para la configuración y el contenido de las páginas *web*. Además, su simplicidad y compatibilidad con los navegadores hacen que sea la elección ideal para diseñar una interfaz compatible con todos los sistemas operativos.

2.4.2. JavaScript

Es un lenguaje de programación ampliamente utilizado que permite agregar interactividad y dinamismo a las páginas *web* (Pérez, 2008), a diferencia de HTML y CSS, que se centran en la estructuración y el estilo del contenido, JavaScript se enfoca en la funcionalidad. Es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y orientado a objetos, lo que permite crear aplicaciones *web* más complejas y funcionales (Flanagan, 2011). Una de sus principales ventajas es su capacidad para ejecutarse directamente en el navegador del cliente, lo que significa que no es necesario instalar ningún *software* adicional ni realizar compilaciones previas (Pérez, 2008), esta característica permite mejorar la velocidad de carga de las páginas *web*, ya que la mayor parte del procesamiento se realiza en el dispositivo del usuario. Además, es compatible con todos los navegadores modernos, lo que garantiza que las aplicaciones funcionen correctamente en diferentes dispositivos

y plataformas (Flanagan, 2011). En este proyecto se seleccionó JavaScript para agregar interactividad y dinamismo a la página, permitiendo que la experiencia del usuario sea personalizada, facilitando la comunicación entre el cliente y el servidor y concediendo actualizaciones en tiempo real.

2.4.3. CSS

CSS (*Cascading Style Sheets*) es un lenguaje de hojas de estilo utilizado para describir la apariencia y el diseño de los documentos HTML, lo que facilita el mantenimiento, la accesibilidad y la adaptabilidad de las páginas *web* (Pérez, 2008). Una de sus ventajas es la capacidad de aplicar estilos de manera consistente en múltiples páginas, al utilizar hojas de estilo externas, los desarrolladores pueden aplicar un conjunto de reglas de estilo a varios documentos HTML, lo que permite un control centralizado del diseño de todo el sitio *web*. Esto reduce la redundancia y mejora la eficiencia del desarrollo, ya que los cambios en el estilo se pueden realizar en un solo archivo CSS en lugar de modificar cada documento HTML individualmente (Meyer, 2004).

Otra ventaja es su capacidad para adaptar la presentación de las páginas *web* a diferentes dispositivos y resoluciones de pantalla mediante el uso de media *queries* y unidades relativas. Los desarrolladores pueden crear diseños responsivos que se ajustan automáticamente al tamaño y las características del dispositivo del usuario, lo que mejora su experiencia en una amplia variedad de dispositivos y entornos (Pérez, 2009). CSS se considera en este proyecto para mejorar la apariencia de la página *web*; además permite separar la presentación visual del contenido HTML, lo que facilita el mantenimiento y la actualización del diseño en el futuro.

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

En la investigación experimental se manipula de forma controlada una o más variables independientes para estudiar sus efectos en una dependiente, mientras mantiene constantes otras que puedan influir en los resultados. Este enfoque permite establecer relaciones de causalidad entre ellas y comprobar hipótesis específicas, lo que facilita la obtención de resultados válidos y confiables. En una investigación experimental los sujetos o unidades de estudio son asignados aleatoriamente a diferentes grupos experimentales y de control para comparar los efectos de las intervenciones o manipulaciones en cada grupo. Este tipo de análisis es utilizado en campos, como psicología, medicina, educación, economía, etcétera (Rivero, 2008).

3.1.1. Nivel de estudio

Esta investigación aplicada busca diseñar e implementar un AG para resolver una problemática específica. A lo largo del proyecto se evalúan varios diseños para desarrollar la plataforma *web*. Este trabajo permitirá obtener resultados concretos y medibles para mejorar la difusión de información en el ámbito académico.

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque mixto integra métodos cualitativos y cuantitativos, con el propósito de aprovechar las fortalezas y compensar las debilidades de cada uno, así como comprender de manera holística los fenómenos de estudio, al combinar la exploración de los significados, experiencias y percepciones de los individuos con el análisis de datos numéricos y la medición de variables. El análisis se realiza de manera secuencial o concurrente, primero se desarrolla una investigación cualitativa seguida de una cuantitativa, o se llevan a cabo ambas de manera simultánea (Sosa, 2011). En este trabajo, se examinan de manera cualitativa las características y necesidades de los estudiantes en relación con la difusión de eventos académicos, lo que permitirá adaptar el AG a sus preferencias y comportamientos. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se empleará para medir y evaluar la eficacia del algoritmo en términos de difusión y resultados, es decir, se aplicarán encuestas para describir qué tan acertado fue el AG en cuestión de difusión.

3.1.3. Población

Para este proyecto de investigación, se toma como población a todos los estudiantes activos hasta el periodo 2023-3 otoño de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe (UAMRR).

3.1.4. Muestra

Con la finalidad de utilizar una expresión matemática que indique cuál es el número necesario de estudiantes registrados en la plataforma, la siguiente fórmula permite obtener la muestra, que para este proyecto está constituida por 96 alumnos.

$$m = \frac{N}{(N-1) \cdot K^2 + 1}$$

Donde:

Tabla 1. Datos necesarios para la realización de la fórmula para calcular la muestra

M	Muestra	=?
N	Población o universo	2063
K	margen de error (puede ser 10 %, 5 %, 2 %) para la fórmula, el porcentaje a usar debe ser expresado en decimales	0.10

Fuente: elaboración propia.

Sustitución:

$$= \frac{2063}{(2063 - 1) * 0.10^2 + 1}$$

$$m = \frac{2063}{(2062) * 0.01 + 1}$$

$$m = \frac{2063}{20.62 + 1}$$

$$m = \frac{2063}{21.62}$$

$$m = 95.4209$$

$$m \approx 96$$

4. Diseño y experimentación

4.1. Aplicación web

La aplicación *web* debe ser intuitiva para que el usuario final no presente dificultades al navegar en ella. También debe ser fácil de entender para futuros programadores, manteniendo las vistas y los controladores documentados por separado. De igual manera, solo pueden acceder usuarios autenticados y con permisos, otorgando más seguridad a la información procesada. La aplicación *web* inicia con un *login* de acceso y una redirección a una vista de Index que contiene una barra de navegación diseñada para que el usuario pueda navegar por las diferentes opciones de la aplicación *web* con las características de CSS para el diseño, compatible con Windows, Android e IOS, diseñado en ASP.NET CORE.

La aplicación envía información acerca de eventos académicos y se encuentra bloqueada para usuarios con rol de alumno. Es necesario ingresar con una cuenta de administrador previamente registrada por la aplicación en una vista

especial para administradores. Para la realización de pruebas se empleó el IDE de Visual Studio 2022. Como manejador de base de datos, se utilizó SQL Server Express para gestionar los registros de usuarios y eventos.

Se usaron las herramientas de paquete NuGet Microsoft.EntityFrameworkCore.Tools en su versión 7.0.10 y Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer en su versión 7.0.10 para conectarse a la base de datos, además de SendGrid en su versión 9.28.1 para enviar correos electrónicos. La función de compilación de Visual Studio 2022 permitió comprobar el funcionamiento del acceso a las cuentas y la navegación entre vistas en las primeras fases de la aplicación.

El sistema en esta fase de testeo se realiza con la compilación de la aplicación en el navegador *web* (Google Chrome) en el equipo de desarrollo, conectado a la computadora personal en la que se ejecuta. Mientras tanto, las herramientas de Visual Studio compilan la aplicación y la ejecutan en el navegador, utilizando la cadena de conexión para extraer o agregar información a la base de datos del servidor virtual.

4.2. Algoritmo genético

Para diseñar el AG, se tomó como población a toda la lista de usuarios registrados en la plataforma con el rol de alumno, con la información proporcionada se formarán los cromosomas dentro del AG (Figura 1).

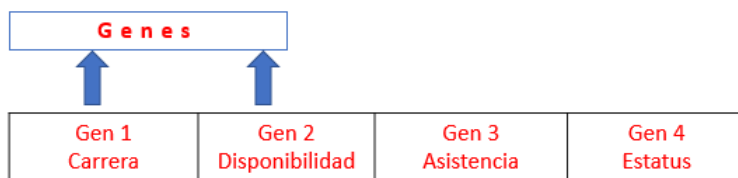


Figura 1. Representación del cromosoma del AG

Fuente: elaboración propia.

Cada cromosoma representa una posible solución para el problema. Para determinar que la solución es óptima, el AG evalúa la información con los siguientes criterios: carrera, disponibilidad, asistencia, estatus. Estas características son importantes para decidir si el estudiante es apto para recibir el correo electrónico de difusión; y se pueden modificar para obtener otros resultados (Figura 1). Para la evaluación de cada individuo, se utiliza la siguiente función de aptitud:

$$F(x) = \frac{gen\ 1 + gen\ 2 + gen\ 3 + gen\ 4}{4}$$

La selección de torneo consiste en elegir a dos estudiantes de manera aleatoria y enfrentarlos en una evaluación mediante la función de aptitud, este proceso se repite para generar la nueva población. La Figura 2 muestra el proceso de selección implementado.

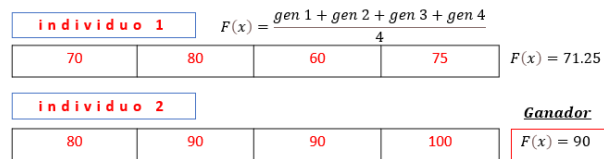


Figura 2. Implementación del operador de selección

Fuente: elaboración propia.

En esta operación de algoritmo genético se toman dos cromosomas de la nueva generación mejorada; para ello se genera un número aleatorio del uno al tres para determinar el punto de cruce, evitando que se comparta toda la información de los individuos. La Figura 3 muestra el proceso implementado, donde el punto de cruzamiento se realiza en la posición tres. Los genes uno, dos y tres son intercambiados por los del individuo dos, formando así los nuevos sujetos.

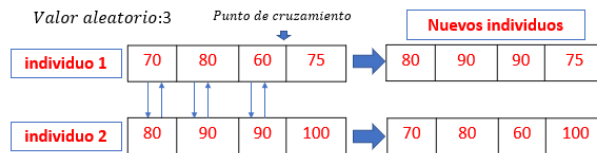


Figura 3. Implementación del operador de cruzamiento

Fuente: elaboración propia.

Para la operación de mutación en el AG, se modificó uno de los genes, creando un valor del uno al cuatro para obtener el gen que será afectado y conseguir un valor aleatorio del 0 al 100, con el fin de sustituirlo por el valor que tiene. La Figura 4 muestra el proceso de mutación, donde el valor de 90 es intercambiado por el valor nuevo de 95 en el gen afectado número 3.



Figura 4. Implementación del operador de mutación

Fuente: elaboración propia.

Una vez realizadas todas las operaciones del AG y procesado a todos los individuos de la población inicial, se obtienen generaciones aptas para la difusión de eventos académicos. Lo ideal sería una evaluación de 100 % con la función de aptitud, pero como la información está en constante cambio, para este trabajo se consideran aptos los individuos con evaluación mayor o igual a 80 %.

5. Experimentación

La funcionalidad de la aplicación permanece sin cambios en esta fase del diseño, algunas de las más notables diferencias radican en que el método de conectividad hacia el servidor ahora es externo. Este varía dependiendo de la compañía del servicio. En este proyecto se utilizó una conexión con código de ASP.NET CORE como intermediario de las consultas realizadas. La aplicación ejecuta el código requerido por el usuario, previa conexión con el servidor. Después, procesa la consulta programada en la parte del código de ASP.NET CORE para mostrar los resultados de la consulta en el dispositivo del usuario. Una vez terminada la ejecución del AG, se muestran en la vista los alumnos óptimos para dicho evento (Figura 5).



Seleccionar	Nombre del Alumno	Correo Electrónico
☐	Gloria	a2213720143@alumnos.usf.edu.mx
☒	Romón	a2203720109@alumnos.usf.edu.mx
☐	Erick	A2173720069@alumnos.usf.edu.mx
☒	Edwin Eduardo	a2213720123@alumnos.usf.edu.mx
☐	Almy	a2203720145@alumnos.usf.edu.mx
☒	Manuel	a2213720195@alumnos.usf.edu.mx
☐	Alexis	a2213720197@alumnos.usf.edu.mx
☒	Odelys Margarita	a2203720112@alumnos.usf.edu.mx
☐	Elise Guadalupe	a2213720177@alumnos.usf.edu.mx
☒	Ruben	a2213720154@alumnos.usf.edu.mx
☐	Jose Isidra	a2213720182@alumnos.usf.edu.mx
☒	Jorge Jesús	a2183720129@alumnos.usf.edu.mx
☐	Luis Alberto	a2213720146@alumnos.usf.edu.mx
☒	Angel Alonso	a2203720123@alumnos.usf.edu.mx
☐	Jabí Francisco	a2213720129@alumnos.usf.edu.mx

Figura 5. Vista implementando el AG

Fuente: elaboración propia.

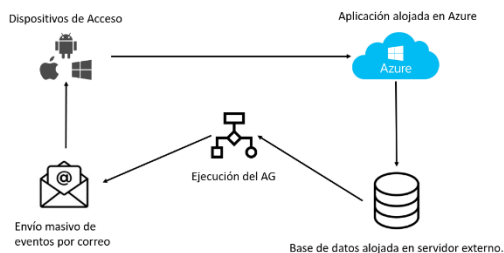


Figura 6. Funcionamiento lógico del prototipo liberado

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se muestra el funcionamiento lógico de la aplicación, en donde cualquier dispositivo con conexión a Internet puede acceder a la aplicación *web* alojada en Azure, para más adelante ingresar con sus credenciales y verificar en la base de datos si ese usuario existe. Más adelante se muestra una petición al AG que retorna a los alumnos candidatos a asistir a ese evento. Después, el correo electrónico difunde un mensaje en el dispositivo de los estudiantes.

6. Análisis de resultados

Con la ejecución de las pruebas correspondientes, en la semana 46 se inició la evaluación del funcionamiento del AG y finalizó en la semana 47 del 2023, con 96 alumnos de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. El objetivo principal es que el AG optimice la difusión de información de los eventos académicos por medio del correo electrónico. De inicio, se les mencionó la finalidad de la aplicación *web*, su desarrollo e impacto. Al mismo tiempo, se les hizo llegar por un código QR para poder explicarles sobre el proyecto.

Durante la fase de pruebas, los usuarios se registraron e iniciaron sesión de manera exitosa, con la libertad de registrar asistencia a los eventos deseados, seleccionar las categorías de relevancia para ellos, indicar su estatus en la universidad (practicante, egresado, estudiante, servicio social) y disponibilidad. Al terminar la fase de pruebas, se les indicó que respondieran una encuesta de satisfacción sobre rendimiento, facilidad de uso y precisión de difusión. A continuación, se muestran los resultados.

La pregunta 1 fue: *¿la aplicación te ha ayudado a descubrir eventos académicos sobre temas que no conocías o que no te interesaban previamente?*, con 86 % de respuestas en las categorías *Muy satisfecho* y *Satisfecho*.

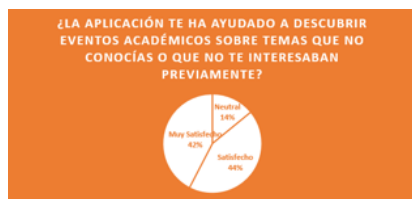


Figura 7. Resultados acerca de los descubrimientos de eventos

Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 2, *¿cómo calificarías la facilidad para registrar tu asistencia a los eventos?*, el 86 % respondió estar *Muy satisfecho* y *Satisfecho*.



Figura 8. Resultados acerca de la facilidad de registro en eventos
Fuente: elaboración propia.



Figura 9. Resultados acerca de la mejora de recomendaciones
Fuente: elaboración propia.

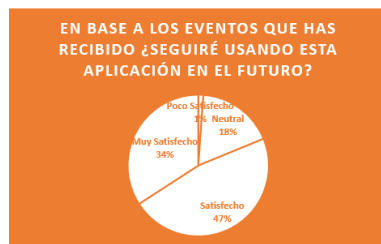


Figura 10. Resultados acerca de intención de uso futuro
Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 5, *¿las sugerencias personalizadas de eventos te parecieron mejor que recibir eventos no personalizados?*, el 79 % de respuestas son satisfactorias.

En la pregunta 4, *¿seguiré usando esta aplicación en el futuro?*, se obtiene un resultado de 81 %.

La pregunta 3: *¿crees que la selección de categorías mejoró las recomendaciones de eventos?*, arroja 86 % de satisfacción.

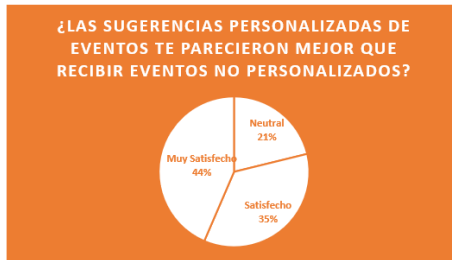


Figura 11. Resultados acerca de comparación de sugerencias

Fuente: elaboración propia.

La pregunta 6 fue: *¿cómo calificarías la facilidad de uso de la aplicación?*, con el 80 % en las categorías *Muy satisfecho* y *Satisfecho*.



Figura 12. Resultados acerca de facilidad de uso

Fuente: elaboración propia.

Con la información recolectada, puede determinarse que el impacto de la plataforma *web* mediante la implementación del AG fue positivo, obteniendo un 83 % de satisfacción en la difusión de la información a los estudiantes mediante el correo electrónico.

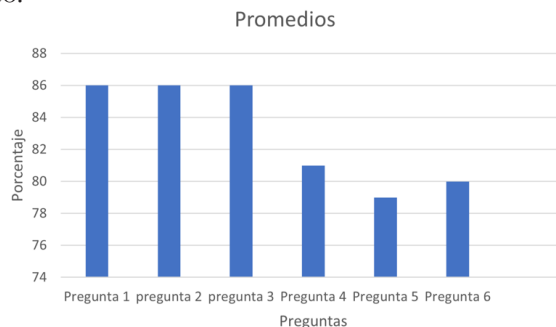


Figura 13. Respuestas promedio de alumnos

Fuente: elaboración propia.

7. Conclusiones

Tras realizar el respectivo análisis, se puede concluir que los datos recolectados respaldan la validez de la hipótesis. El 83 % de los alumnos respondió de manera positiva en la encuesta de satisfacción. Se infiere entonces que se logró optimizar la manera de recibir la información por medio del correo electrónico. Por otra parte, la implementación del AG en la aplicación *web* ha sido un acierto significativo. La accesibilidad de la aplicación a través de cualquier conexión a Internet facilita la difusión y aumenta la eficiencia del proceso.

La implementación del AG en este proyecto de investigación ha demostrado que se puede realizar una difusión de los eventos académicos dentro de la UAMRR de manera óptima. Sin embargo, durante el desarrollo se detectaron áreas de mejora en la plataforma y el AG. Entre ellas:

- La implementación de ponderaciones de acuerdo con el grado de importancia de cada una de las características o genes que conforman el cromosoma.
- Crear un algoritmo o proceso que permita calcular el valor de las ponderaciones, para que funcione de manera automática con el ingreso de información a la plataforma.
- Crear tablas de afinidad entre carreras, pues existen eventos que pueden ser de interés o comunes entre ellas.

Referencias

- Cosio, N. A. (2010). *C# Guía Total del Programador*. Fox Andina.
- Darwin, C. (2019). *Origin of Species by Means of Natural Selection*. Independently Published.
- Date, C. J. (2003). *An Introduction to Database Systems*. Addison Wesley.
- Flanagan, D. (2011). *JavaScript: The Definitive Guide*. O'Reilly Media.
- Fogel, Z. M. (2000). *How to Solve It: Modern Heuristics*. Springer. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-662-07807-5>
- Goldberg, D. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley.
- Gauchat, J. D. (2015). *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript*. Marcombo.
- Hejlsberg, A., Torgersen, M., Wiltamuth, S. y Golde, P. (2011). *The C# Programming Language*. Pearson Education.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. The MIT Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.7551/mitpress/1090.001.0001>
- Jensen, M. T. (2023). Generating robust and flexible job shop schedules using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 7(3), 275-288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/tevc.2003.810067>
- Mani, S. M. (2023). Financial forecasting using genetic algorithms. *Applied Artificial Intelligence*, 10(6), 543-566. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/088395196118425>
- Meyer, E. A. (2004). *Cascading Style Sheets: The Definitive Guide*. O'Reilly.
- Mitchell, M. (1996). *An Introduction to Genetic Algorithms*. MIT Press.
- Pérez, J. E. (2008a). *Introducción a JavaScript*. Uniwebsidad. <https://uniwebsidad.com/libros/javascript?from=librosweb>.
- _____. (2008b). *Introducción a CSS*. Uniwebsidad. <https://uniwebsidad.com/libros/css?from=librosweb>
- _____. (2009). *CSS Avanzado*. Uniwebsidad. <https://uniwebsidad.com/libros/css-avanzado?from=librosweb>
- Petzinger, T. (1995). At deere they know A mad scientist may be A firm's biggest asset. *Wall Street J.*
- Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom.
- Serrano, A. G. (2016). *Inteligencia artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*. Alfaomega Grupo Editor.
- Silberschatz, A. (2010). *Database System Concepts*. McGraw-Hill.
- Smith, A. E. (2015). *Introduction to Evolutionary Computing*. Springer.
- Sosa, G. C. (2011). *Estrategias metodológicas para la elaboración de tesis de posgrado*. Porrúa.



Parte

3 Plataformas digitales

A graphic consisting of a light blue circle containing the word 'Capítulo' in black and a large red number '4' below it.

Capítulo 4

HelpDex: innovando en la atención al cliente con una mesa de ayuda automatizada y correos transaccionales

Fernando Azael Díaz Echavarría¹

*Hugo Eduardo Camacho Cruz**

Ma. de Lourdes Cantú Gallegos¹

Edgar Vicente Herebia Flores²

Resumen

En muchos entornos organizacionales la atención al usuario y la gestión de incidentes carecen de eficiencia y calidad del servicio. Para enfrentar esta situación, se ha desarrollado HelpDex, una plataforma diseñada para optimizar el soporte técnico y mejorar la experiencia de los usuarios. Este sistema permite registrar, clasificar y gestionar incidentes de manera ágil, facilitando su pronta identificación y resolución. Durante su diseño, se incorporaron las mejores prácticas en gestión de incidentes, problemas y cambios, asegurando procesos efectivos en la atención de los sistemas organizacionales. Su fortaleza radica en integrar herramientas de gestión del conocimiento, que permiten al personal de soporte retroalimentar a los usuarios a través de correo electrónico, con base en soluciones previas y mejores prácticas. Esto acelera la resolución de problemas, fomenta la autonomía de los usuarios e impulsa la colaboración entre los equipos. Además, la plataforma promueve un entorno de intercambio de conocimientos entre usuarios y personal de soporte, contribuyendo a una atención rápida y de calidad. Así, HelpDex resuelve problemas técnicos y transforma la dinámica de atención en las organizaciones.

Palabras clave: soporte técnico, atención al usuario, resolución de problemas, HelpDex, correo electrónico.

¹ Facultad de Medicina Matamoros, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

² Nacional Eléctrica Ferretera

*Autor de correspondencia: E-mail: hcamachoc@docentes.uat.edu.mx

1. Introducción

Los avances tecnológicos han transformado los departamentos de Tecnologías de la Información (TI) en las empresas. Sin embargo, este desarrollo también trae consigo desafíos: los usuarios enfrentan problemas relacionados con *hardware*, *software* o conectividad de red. En estos casos, el personal de TI tiene la responsabilidad de atender los incidentes para prevenir que afecten las operaciones del negocio (Laudon, 2020).

A medida que las organizaciones crecen, también aumenta su dependencia de soluciones tecnológicas, la cual exige la implementación de herramientas especializadas para la gestión eficiente de incidentes. Por ejemplo, el incremento en el número de computadoras, la expansión en el uso de servicios de correo electrónico o la adopción de nuevas plataformas digitales generan una mayor demanda de soporte técnico (Axelos, ITIL Foundation, 2019).

Con el aumento en el número de usuarios, dispositivos y servicios, también crece la probabilidad de enfrentar problemas técnicos. Por ello, las organizaciones han identificado la necesidad de contar con un departamento de TI robusto que resuelva incidencias y ayude a mejorar los procesos de negocio. Asimismo, es indispensable mantener la eficiencia operativa, garantizar la continuidad del servicio y asegurar una experiencia satisfactoria para el usuario final.

2. Fundamentos teóricos

La administración de servicios de TI engloba todas las fases del ciclo de vida, desde la planificación hasta la mejora continua, por lo que es responsable de la planificación, implementación, entrega y soporte de los servicios (Instituto Nacional de Metrología de Colombia, 2018); desde la administración de redes y sistemas hasta el soporte de aplicaciones y los servicios en la nube (Del Vecchio, et al. 2015). Es fundamental que las empresas cuenten con una adecuada gestión de servicios de TI para obtener el máximo valor de sus inversiones en tecnología. Para lograr esto, deben establecerse marcos de trabajo que guíen la planificación, implementación y mejora continua de estos servicios, que son una inversión necesaria en una era cada vez más digital, tecnológica, rigurosa y competitiva.

2.1. Mesa de ayuda

Una mesa de ayuda (en inglés, *helpdesk*) (Streeter, 2021) es una función vital en la gestión de TI que brinda soporte técnico a los usuarios finales de los sistemas informáticos. En general, una mesa de ayuda es el punto central de contacto entre los usuarios y el personal de soporte de TI de una organización, se encarga de recibir, registrar, categorizar, priorizar y resolver o escalar problemas técnicos reportados

por los usuarios. La función de una mesa de ayuda varía en cada organización y puede incluir: soporte técnico en línea, por teléfono, correo electrónico o *chat*, ofrecer información general sobre los servicios de TI, resolver problemas comunes y apoyar la gestión de cambios (Axelos, 2021).

Implementar una mesa de ayuda efectiva es esencial para garantizar la satisfacción del usuario, la reducción del tiempo de inactividad del sistema y la comunicación usuario-personal. Para administrar una mesa de ayuda, se requiere de directrices que definan las prácticas y los procesos óptimos. Uno de estos marcos de trabajo es el ITIL, que proporciona prácticas para la gestión de servicios de TI. Por ejemplo, el Jira Service Management desarrollado por Atlassian, es una plataforma que ofrece servicios de TI para los usuarios, como: administración de *tickets*, seguimiento de incidencias, colaboración, seguimiento del progreso y automatización de flujos de trabajo. Jira Service Management (Atlassian., 2021), se basa en el *software* de gestión de proyectos Jira, pero se enfoca en la gestión de servicios, soporte técnico y análisis, lo que permite medir el rendimiento, identificar tendencias y tomar decisiones basadas en datos. Esto es crucial para la mejora continua del soporte técnico destinado a usuarios.

2.2. Correo transaccional

Un correo electrónico transaccional (Rosário, 2021; Intuit, s.f.) se envía automáticamente en respuesta a una acción específica realizada por el usuario. Están diseñados para proporcionar información relacionada con una transacción, confirmación o notificación importante; suelen ser esperados por el usuario. Ejemplos comunes incluyen: 1) Confirmación de pedido: cuando un cliente realiza una compra, se le envía un correo confirmando los detalles de la transacción. 2) Restablecimiento de contraseña: si un usuario solicita cambiar su contraseña, recibirá un correo con instrucciones para hacerlo. 3) Notificaciones de envío: cuando un producto ha sido enviado, se informa al cliente sobre el estado y detalles del envío. 4) Alertas de cuenta: por ejemplo, cuando hay actividad inusual en la cuenta de un usuario. Estos correos son esenciales para la comunicación entre una empresa y sus usuarios, asegurando que las transacciones se completen de manera eficiente y segura.

3. Metodología

El presente trabajo se enfoca en mejorar los procesos de gestión de incidencias técnicas en el entorno organizacional mediante la implementación de una mesa de ayuda digital. El proyecto surge de la necesidad de atender las limitaciones observadas en la empresa donde fue desarrollado, específicamente en la gestión de

casos de soporte técnico que eran gestionados mediante comunicación telefónica y registros manuales en un pizarrón físico. Lo anterior presentaba problemas críticos, como la falta de trazabilidad de los casos, ausencia de registros históricos, tiempos de respuesta no documentados y una deficiente retroalimentación hacia los usuarios (Figura 1):

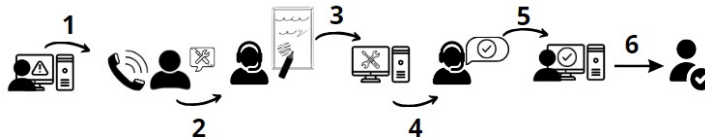


Figura 1. Flujo de trabajo anterior

Fuente: elaboración propia.

El diseño de la investigación corresponde a un enfoque cuasiexperimental, dado que introduce una intervención tecnológica (la plataforma HelpDex) para comparar su efectividad respecto al proceso tradicional, sin manipular aleatoriamente todos los factores involucrados. El objetivo es evaluar los cambios en la eficiencia, tiempos de atención y calidad del soporte, a partir de la implementación de un plan sistematizado de gestión de casos. El alcance del estudio es descriptivo y explicativo. Por un lado, se documenta el flujo de trabajo previo y las dificultades enfrentadas en la atención de incidentes; por otro, se analizan los efectos derivados de la digitalización del proceso, identificando mejoras específicas y proponiendo estrategias basadas en buenas prácticas para su optimización continua. El corte de la investigación es transversal, con datos y observaciones recopilados en un momento determinado, comparando las condiciones antes y después de la intervención, sin extender el análisis a un seguimiento longitudinal.

La implementación de HelpDex se fundamentó en los principios de la gestión de servicios de TI propuestos en el marco de ITIL, particularmente en la etapa de *Transición de Servicios* (Axelos, 2021; Taherdoost, 2021); en ella se busca que las nuevas soluciones tecnológicas sean accesibles, intuitivas y eficaces para los usuarios finales, sin importar su nivel de conocimiento técnico. Para ello, se incorporó una interfaz amigable, con múltiples canales de comunicación, acompañada de una capacitación y recursos de autoayuda como base del conocimiento. La población de estudio estuvo conformada por los empleados de la empresa Nacional Ferretera, S.A. de C.V., quienes, por su experiencia directa con los procesos de atención técnica, representaban una fuente adecuada de información para evaluar la implementación de la plataforma HelpDex.

Para la recolección de datos, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con colaboradores dispuestos para participar. Esta estrategia de

selección se justificó por la necesidad de obtener una retroalimentación accesible y oportuna dentro del contexto organizacional, permitiendo un acercamiento preliminar a la percepción de los usuarios sobre el nuevo sistema. La muestra final estuvo integrada por 12 personas de la empresa, quienes respondieron un instrumento de medición diseñado para evaluar su experiencia con la plataforma HelpDex.

El instrumento de medición consistió en una encuesta estructurada con preguntas de escala Likert, orientadas a medir el grado de satisfacción, facilidad de uso y percepción de la calidad del servicio. Las preguntas permitieron recopilar información relevante sobre la experiencia de los usuarios con la plataforma de solución de problemas HelpDex, evaluando el nivel de dificultad de uso, el tiempo de respuesta para la resolución de incidencias, la calidad del servicio brindado y la disponibilidad del personal de soporte. Además, se consultó si los usuarios habían utilizado la plataforma y si la recomendarían a sus compañeros de trabajo. Finalmente, se les permitió compartir comentarios adicionales. La recopilación de datos fue clave para identificar áreas de mejora y evaluar la efectividad del HelpDex para gestionar incidencias en la empresa.

3.1. Base de datos de la plataforma

3.1.1. Introducción al gestor de base de datos

En comparación con la administración de bases de datos a través del lenguaje de consulta estructurado SQL, el PHPMyAdmin (Delisle, 2012) proporciona una interfaz visual que facilita la gestión de bases de datos, tablas, campos, registros, permisos de usuario y consultas SQL. Además, proporciona herramientas para importar o exportar datos, copiar y pegar estructuras de tablas o registros.

3.1.2. Estructuración

A continuación, se muestra un flujo de trabajo (Figura 2) que ejemplifica la secuencia de acciones y comunicaciones entre el usuario, la plataforma HelpDex y el equipo de soporte de TI:

Paso 1: El usuario inicia sesión en la plataforma HelpDex para acceder a sus funcionalidades y solicitar ayuda o reportar un problema.

Paso 2: La plataforma establece una comunicación con el servidor para gestionar la solicitud del usuario y enviar los datos necesarios.

Paso 3: Una vez dentro de la plataforma, el usuario genera un *ticket*, proporcionando información detallada sobre el problema o la solicitud de soporte técnico.

Paso 4: La plataforma se comunica nuevamente con el servidor para almacenar el *ticket* y registrarlo en la base de datos correspondiente.

Paso 5: El equipo de soporte de TI recibe una notificación de que un usuario ha generado un nuevo *ticket* y requiere asistencia.

Paso 6: El equipo de soporte de TI procede a atender el *ticket*, ya sea de forma remota o en sitio, brindando la solución o la asistencia necesaria al usuario.

Paso 7: Una vez que ha sido atendido, el equipo de soporte de TI marca el *ticket* como “atendido” en la plataforma HelpDex.

Paso 8: El *ticket* cambia su estado en el servidor, lo que indica que ha sido atendido y resuelto.

Paso 9: El usuario obtiene una notificación mediante un correo electrónico informándole que su *ticket* ha sido atendido y se proporcionan los detalles de la solución o la respuesta recibida.

Paso 10: Con el *ticket* atendido y resuelto, el usuario puede continuar su jornada laboral sin contratiempos, confiando en que su solicitud ha sido atendida de manera efectiva.

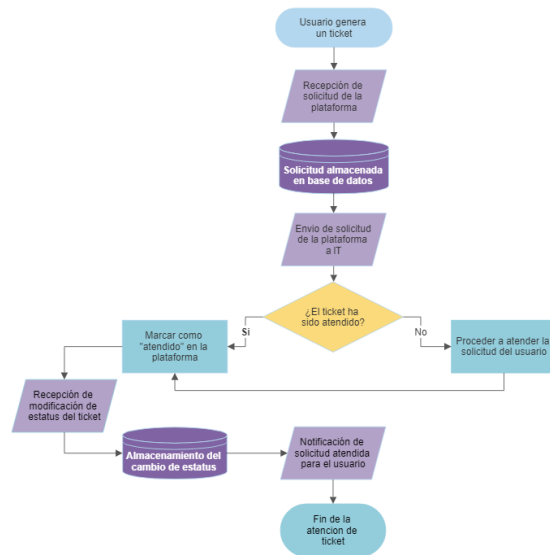


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de solicitud

Fuente: elaboración propia.

La base de datos se estructura en cuatro tablas, cada una con un apartado específico: categorías, departamento, registro y usuarios.

3.1.3. Conexión en PHPMyAdmin con la plataforma

Para poder establecer una conexión entre PHPMyAdmin y una página, es necesario utilizar un lenguaje de programación *web* como PHP (*The PHP Documentation Group*, 2024) para crear sitios dinámicos e interactivos. Además, se debe utilizar la extensión MySQLi, la cual proporciona una interfaz para la comunicación entre PHP y una base de datos MySQL, posibilitando la entrada a la información guardada en la base de datos desde la página *web*. Así, es posible crear aplicaciones que permitan a los usuarios interactuar con la información resguardada en la base de datos.

4. Diseño y experimentación

4.1. Plataforma de envíos de solicitud (tickets)

4.1.1. Interfaz general de los usuarios

Al momento de utilizar un sistema de *software*, la interfaz principal es una de las primeras impresiones que tiene el usuario y puede influir en su experiencia de uso. En este caso, se ha diseñado una interfaz que se divide en dos partes: la interfaz del administrador y la del usuario general. La primera es manejada por el departamento de TI, que es responsable de su administración y configuración. Por otro lado, la interfaz del usuario final tiene una barra de opciones más sencilla, con el fin de facilitar su navegación y ahorrar tiempo al visualizarla. Esta decisión de diseño es importante para mejorar la experiencia del usuario final y alcanzar una mayor eficacia en la administración del sistema. Además, demanda la conjunción de factores como la ergonomía, la usabilidad y un profundo conocimiento del sistema diseñado.

4.1.2. Interfaz del usuario administrador

La interfaz del usuario administrador (Figura 3) es una herramienta vital para el departamento de TI, ya que permite una visualización clara de los casos generados. La cinta de opciones incluye una variedad de herramientas para la administración y el análisis de los casos, incluyendo la capacidad de realizar un seguimiento de ellos por fechas, generar informes y administrar el panel de usuarios. Además, la página principal es el punto de partida tanto para el usuario administrador y el general, con una experiencia de navegación uniforme y fácil de seguir.

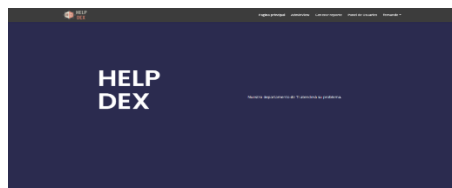


Figura 3. Interfaz principal de usuario administrador

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Interfaz del usuario general

Esta interfaz se caracteriza por tener una barra de opciones más simple en comparación con la del administrador. Su función es generar solicitudes de ayuda que requieran atención. En la página principal, se tiene acceso a las pestañas de solicitud y usuario. En la primera, el usuario puede informar sobre el tipo de problema que desea reportar. La segunda permite cerrar sesión. Así, solicitar ayuda es sencillo frente a otras opciones adicionales.

4.1.4. Página de solicitud

Con el propósito de elevar la satisfacción del usuario al generar una solicitud de ayuda, se optó por una interfaz simple y atractiva. En esta sección, el usuario encuentra una barra de opciones que muestra los problemas más comunes (Figura 4). Además, el usuario puede agregar más información en una caja de comentarios.

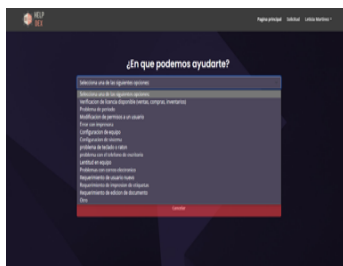


Figura 4. Barra de opciones de problema

Fuente: elaboración propia.

4.2. Plataforma de recepción de solicitudes (tickets)

4.2.1. Visor de tickets pendientes

La interfaz del administrador tiene una serie de herramientas para visualizar los casos generados por los usuarios y su estado actual. Además, tiene la opción de filtrar los casos según el nombre o el tipo de problema reportado. Al seleccionar un

caso, se despliega una ventana con información proporcionada por el solicitante. Esto clarifica la situación y permite solucionarla con rapidez. Cuando una solicitud es generada, aparece una notificación *web* en el equipo del administrador que le alertará sobre nuevas solicitudes recibidas en el panel de *AdminView* (Figura 5).

Después de que un *ticket* es atendido y resuelto por el equipo de soporte, el usuario administrador cuenta con diferentes opciones para mantener un registro detallado de la solución brindada. En primer lugar, el usuario administrador puede seleccionar quién fue el responsable de brindar la atención necesaria para solucionar el problema presentado. De esta manera, se pueden llevar registros precisos sobre la eficacia de cada miembro del equipo de soporte y optimizar el rendimiento del departamento de TI. Además, el administrador puede describir el trabajo realizado para solucionar el problema, las acciones para solucionarlo y las alternativas propuestas. De esta manera, se pueden registrar los problemas y soluciones implementadas.

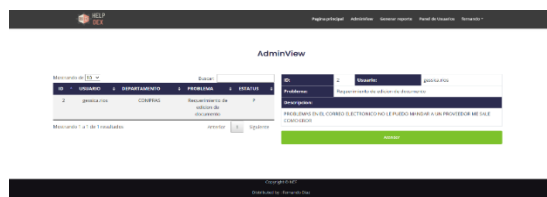


Figura 5. Notificaciones *web*

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Visor de historial de tickets atendidos

La plataforma dispone de una herramienta en la barra de opciones llamada *Generador de reporte*, con dos funciones principales. En primer lugar, permite visualizar el índice de cantidad de casos registrados en un rango de fechas específico, en la cual se despliega una gráfica que muestra el número en la columna izquierda y la fecha en la que se presentaron en la parte inferior. Además, se puede descargar un reporte que contiene información sobre los casos ocurridos en cierto rango temporal (Figura 6).



Figura 6. Gráfica generada a partir de un rango de fechas

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, la herramienta *Generador de reporte* es muy útil para el administrador, ya que le permite obtener información sobre los casos atendidos en un tiempo determinado. Además, la capacidad de descargar un informe detallado permite a los usuarios analizar en profundidad los datos y obtener conclusiones sobre los problemas comunes que enfrenta la organización.

4.2.3. Panel de usuarios

Este panel es una sección de la plataforma donde el administrador puede gestionar tareas, crear nuevos usuarios y obtener información sobre ellos, como: nombre, usuario, contraseña, departamento, correo electrónico y estado de cuenta (activo o baja). Uno de los aspectos más importantes a definir en esta ventana es el rol que tendrá el usuario: administrador o general. Cada rol otorgará diferentes permisos y opciones dentro de la plataforma. Esta funcionalidad garantiza que los usuarios accedan solo a las funciones que necesitan y así evitar errores o malas prácticas.

4.2.4. Notificación de atención de ticket vía correo electrónico

Para hacer posible una notificación electrónica, es necesario usar una plataforma en la nube que permite enviar correos transaccionales de forma eficiente y confiable, como SendGrid, que permite a los desarrolladores y las empresas enviar mensajes y *marketing* a gran escala. Los desarrolladores pueden integrar SendGrid en su aplicación a través de la *API Key*, mientras que los usuarios no técnicos pueden utilizar la interfaz de usuario *web* para crear y enviar correos electrónicos y administrar sus listas. Cuando un usuario envía un correo electrónico a través de la plataforma, SendGrid lo procesa y envía al destinatario. La plataforma verifica la autenticidad del mensaje y lo somete a pruebas para asegurar que se entregue de manera confiable. Además, rastrea la entrega del correo, así los usuarios saben cuándo se ha entregado y si se ha abierto. La plataforma HelpDex ofrece una

función en la que el administrador, al terminar de atender una solicitud, puede seleccionar el botón de “atendido” para enviar automáticamente un correo al solicitante (Figura 7), que incluye el folio asignado a su solicitud, la categoría del problema y las medidas adoptadas para resolverlo.



Figura 7. Notificación vía correo electrónico cuando un caso es resuelto

Fuente: elaboración propia.

5. Análisis de resultados

A continuación, se presentan los casos o problemas reportados con mayor frecuencia (Figura 8).



Figura 8. Gráfica de cantidad de casos por categoría

Fuente: elaboración propia.

Durante el proceso de prueba, los usuarios interactuaron con la plataforma por un mes, con el fin de que compartieran sus opiniones y experiencias. La recopilación de comentarios se llevó a cabo mediante una encuesta para explorar en profundidad sus percepciones. La retroalimentación de los usuarios fue fundamental en el proceso de mejora de la plataforma. Los resultados permitieron identificar las fortalezas y debilidades de la plataforma para mejorar la experiencia del usuario. Los resultados

se analizaron para determinar las áreas prioritarias de mejora y establecer un plan de acción. A continuación, se enlistan los resultados de las preguntas:

1. *¿Con qué frecuencia utiliza nuestra plataforma de solución de problemas HelpDex?*
El 58 % de los encuestados utiliza la plataforma ocasionalmente, en situaciones específicas o cuando se enfrentan a problemas particulares que requieren soporte. El 25 % lo hace con frecuencia, con mayor compromiso y dependencia de la herramienta para la resolución de problemas y solicitudes de soporte técnico. Un 17 % considera que es una herramienta indispensable en el día a día para abordar problemas y resolver consultas de TI. Es importante resaltar que todos los usuarios usan HelpDex. Este hallazgo sugiere que la herramienta es aceptada y reconocida como una opción confiable y efectiva para soporte técnico. Es esencial considerar esta realidad y abordarla de manera estratégica. La organización debe promover y comunicar los beneficios de HelpDex para fomentar una mayor participación por parte de los usuarios.
2. *¿Cómo calificaría el nivel de dificultad de uso de la plataforma de solución de problemas HelpDex?* Un 51 % calificó la plataforma como *Muy fácil*, con un uso intuitivo y sin complicaciones. El 41 % la señaló como *Fácil*, o bien, accesible. El 8 % respondió *Neutral*, con una opinión más imparcial sobre la dificultad de uso de la plataforma. Ningún encuestado respondió que la plataforma fuera *Difícil* o *Muy difícil*. Los resultados positivos refuerzan que la plataforma es amigable para el soporte técnico.
3. *¿Cómo evaluaría el tiempo de respuesta para la resolución de problemas?* El 59 % de los encuestados está satisfecho con el tiempo de respuesta, el 33 % muy satisfecho y el 8 % insatisfacción. Ningún participante seleccionó la opción *Neutral* ni *Muy insatisfecho*. Estos resultados sugieren que la mayoría de los usuarios perciben un tiempo de respuesta adecuado para la resolución de problemas en la plataforma. Sin embargo, es importante tener en cuenta las opiniones de aquellos que expresaron insatisfacción, con el fin de reducir el tiempo de respuesta y mejorar la experiencia.
4. *¿Está satisfecho con la calidad del servicio proporcionadas para la resolución de problemas?* El 50 % de los encuestados se mostraron *Muy satisfechos*, el 33 % *Satisfecho* y un 17 % *Neutral*. Ningún participante indicó estar *Insatisfecho* o *Muy insatisfecho* con la calidad del servicio. La alta proporción de respuestas positivas indica que los usuarios perciben que el servicio cumple con sus expectativas y necesidades en términos de calidad. No obstante, es crucial

adoptar medidas adicionales para el control de calidad, la capacitación continua del personal de soporte y la consideración de los comentarios de los usuarios.

5. *¿Cómo evaluaría la disponibilidad del personal de soporte para ayudarlo con sus casos?*, los resultados revelan una alta satisfacción por parte de los usuarios. El 59 % indicó estar *Muy satisfecho*, el 33 % *Satisfecho* y el 8 % *Neutral*, lo cual indica que existe una percepción de disponibilidad, pero sin una calificación definitiva. No se recibieron respuestas de *Insatisfecho* o *Muy insatisfecho*. Estos resultados refuerzan la idea de que el personal de soporte ha logrado brindar un nivel de disponibilidad adecuado para atender las necesidades y consultas de los usuarios. Sin embargo, es fundamental garantizar la optimización de los horarios de atención, la asignación de recursos adicionales en momentos de alta demanda, la implementación de herramientas de seguimiento y gestión de casos para una atención eficiente.
6. *¿Recomendaría nuestra plataforma de soporte HelpDex a sus compañeros de trabajo?*, revela una alta satisfacción por parte de los usuarios. Un 67 % respondió *Definitivamente sí*; un 25 % *Probablemente sí*; el 8 % *No estoy seguro*. Estos resultados muestran la percepción positiva que tienen los usuarios sobre la plataforma. Es fundamental promover el valor agregado de esta entre los compañeros de trabajo. Esta pregunta les permitió a los usuarios compartir las razones por las que no habían usado la plataforma, con el fin de identificar barreras de uso constante, entre las que destacan: 1) Falta de conocimiento, esto puede deberse a una comunicación inadecuada o una falta de conciencia sobre la herramienta y sus beneficios. 2) Preferencia por otros canales de soporte, como correo electrónico, llamadas telefónicas u otros medios tradicionales. Puede haber diversas razones para esta preferencia, como la comodidad con los métodos de comunicación existentes o la falta de confianza en la plataforma en comparación con otros canales. 3) Falta de confianza o experiencia previa negativa.
7. *¿Tiene algún comentario adicional que le gustaría compartir con nosotros sobre nuestra plataforma de solución de casos HelpDex?* Esta respuesta no era obligatoria y solo se recibieron dos respuestas. Uno de los usuarios mencionó que le gustaría que se agregaran algunas líneas adicionales para abordar problemas específicos del sistema, como errores en el *software* de gestión empresarial que se usa en la organización. La otra respuesta simplemente indicaba *good*. Estos comentarios son valiosos para mejorar la plataforma.

6. Conclusiones

HelpDex es efectivo para resolver problemas y ofrecer soporte técnico. En este proceso, se evaluó el rendimiento de la plataforma y se conoció la opinión de los usuarios. Los resultados reflejan los logros obtenidos y los pasos a seguir para mejorar continuamente. Se confirma el cumplimiento del objetivo de este trabajo, al implementar una solución funcional y evaluada positivamente por los usuarios, lo que representa un avance significativo en la atención técnica de la organización. La satisfacción de los usuarios fue medida a través de una encuesta estructurada con preguntas cerradas y abiertas, que evaluaban la facilidad de uso, la calidad del servicio recibido y la disponibilidad del personal de soporte. Se utilizó una escala Likert de cinco puntos para cuantificar las percepciones en cada dimensión, permitiendo identificar patrones de respuesta y niveles de satisfacción. Asimismo, mediante las preguntas abiertas fue posible detectar necesidades específicas, entre ellas los errores recurrentes en el *software* de gestión empresarial MICROSIP, que son barreras para una experiencia de usuario fluida.

Diversos estudios señalan que la retroalimentación continua de los usuarios es clave para mejorar la calidad y funcionalidad de los sistemas digitales. Las acciones futuras se orientan a optimizar el servicio y la experiencia del usuario, en aspectos como: actualizaciones técnicas, capacitación del personal y la implementación de mecanismos sistemáticos de seguimiento, lo que se alinea con enfoques de mejora continua en la gestión de servicios tecnológicos.

El proyecto de HelpDex es una herramienta valiosa y efectiva para la solución de problemas y solicitudes de soporte técnico. Es fundamental continuar recopilando comentarios e ideas proporcionadas por los usuarios para asegurar una mejora constante. Además, su retroalimentación permite reconocer sus necesidades y deseos, así como implementar actualizaciones que aborden los desafíos planteados. Es fundamental agregar nuevas funcionalidades para atender problemas específicos en el sistema. HelpDex logró cumplir con las necesidades de los usuarios por medio de soluciones efectivas.

Referencias

- Atlassian. (2021). *Jira Service Management | Una nueva versión del software de ITSM*. <https://www.atlassian.com/es/software/jira/service-management>
- Axelos. (2019). *ITIL Foundation*. <https://www.mizekhedmat.com/wp-content/uploads/2022/07/ITILFoundation-ITIL4Edition.pdf>
- _____. (2021). What is ITIL? <https://www.axelos.com/certifications/itil-service-management/what-is-itil>
- Carpio, J. (2010 17 de abril). *Gestión de Servicios de TI*. Ositran. <https://es.slideshare.net/slideshow/gestion-de-servicios-de-ti/3758403>
- Delisle, M. (2012). *Mastering phpMyAdmin 3.4 for Effective MySQL Management: A Complete Guide to Getting Started With Phpmyadmin 3.4 and Mastering Its Features*. Packt Pub Ltd.
- Del Vecchio, J., Paternina, F. y Henríquez, C. (2015). La computación en la nube: un modelo para el desarrollo de las empresas. *Prospectiva*, 13(2), 81-87. <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250642010.pdf>
- Instituto Nacional de Metrología de Colombia. (2018, 31 de octubre). *Inicio*. https://inm.gov.co/web/wp-content/uploads/2021/02/5.Catalogo_de_Servicios_Tecnologicos_INM2018-1.pdf
- Intuit Mailchimp. (s.f.). *Email transaccional: qué es y cómo funciona*. <https://mailchimp.com/es/marketing-glossary/transactional-email/>
- Laudon, K. (2020). *Sistemas de información gerencial*. Pearson.
- Rosário, A. T. (2021). E-Mail Marketing: Research and Challenges. *International Journal of Online Marketing (IJOM)*, 11(4), 63-83. doi:<http://doi.org/10.4018/IJOM.2021100104>
- Streeter, B. (2021). *What Is Help Desk? - Definition, Best Practices & More*. Manage Engine. <https://www.manageengine.com/products/service-desk/help-desk-software.html>
- Taherdoost, H. (2021, 9 de diciembre). A Review on Risk Management in Information Systems: Risk Policy, Control and Fraud Detection. *Electronics*, 10(24), 3065. <https://doi.org/10.3390/electronics10243065>
- The PHP Documentation Group. (2024). *¿Qué es PHP?* <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>



Capítulo 5

Implementación de plataforma de bolsa de trabajo para mercado laboral para estudiantes de nivel superior

Esteban Aguirre Castillo¹

Ramón Gerardo Tijerina Rodríguez¹

Juan Carlos Huerta Mendoza^{1}*

Luis Antonio García Garza¹

Resumen

En el mercado laboral, la transición de la vida estudiantil universitaria al mundo profesional representa un momento crucial. La culminación de los estudios de nivel superior marca el inicio de una nueva etapa llena de expectativas y desafíos. A menudo, la inserción laboral se ve obstaculizada por la falta de herramientas y recursos que conecten a los futuros profesionistas con las oportunidades de trabajo. La búsqueda de empleo por medio de sitios *web* especializados es una práctica que ha crecido durante los últimos años, aunque existe una deficiencia en el número de vacantes enfocadas en jóvenes que recién terminan sus estudios universitarios. Este capítulo tiene como objetivo crear una plataforma de búsqueda de trabajo *online* para estudiantes universitarios que busquen realizar sus prácticas profesionales o jóvenes recién egresados que cuenten con muy poca o nula experiencia laboral.

Palabras clave: desarrollo *web*, bolsa de trabajo, prácticas profesionales, *software*.

1. Introducción

Todo estudiante universitario debe gestionar su integración al mercado laboral. Se trata de una fase crucial en la vida de todo aspirante a profesionista, ya que muchas veces surge la incertidumbre de si los conocimientos adquiridos son suficientes para trabajar. Las prácticas profesionales son una oportunidad que reciben los estudiantes

¹Ingeniero en Sistemas Computacionales de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe-Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*Autor de correspondencia. E-mail: jchuerta@docentes.uat.edu.mx

previos a finalizar su formación en una escuela de nivel superior. Esto representa la oportunidad de obtener un contrato en la empresa en donde realizaron sus prácticas o añadir experiencia a su currículum como referencia para presentarlo en futuras entrevistas de trabajo (Crespo, 2018).

La Asociación de Internet MX (2021) aplicó una encuesta a más de 10 mil buscadores de empleo, y a cerca de 350 empresas en México de diciembre 2021 a febrero 2022; el 19 % de la población estudiada tiene entre 18 a 24 años, la edad en donde los jóvenes suelen cursar los estudios superiores. Además, casi la mitad de los encuestados se encontraban desempleados; y ocho de cada diez personas ya habían buscado empleo durante los 6 meses previos a la encuesta. Ahora, en cuanto a oferta y búsqueda de empleo, las bolsas de trabajo en línea son las favoritas tanto para empresas como para candidatos, siendo que el 70 % de los candidatos busca en ellas y el 87 % de las empresas oferta ahí. En segundo lugar, el 66 % busca empleo en aplicaciones móviles, un 55 % en redes sociales -Facebook es la más utilizada-. Estas ocupan el segundo puesto para las empresas que buscan posibles candidatos, con un 81 %.

En relación con lo anterior, Mejía (2022) menciona que México se posiciona en el número nueve de los países del mundo con más usuarios registrados en LinkedIn, con 17 millones. CompuTrabajo cuenta con 24 mil empresas nacionales ofertando y 124 mil ofertas publicadas (CompuTrabajo, Buscar Ofertas, 2022). Calderón (2022) menciona que OCCMundial es el sitio más utilizado por empresas para ofertar empleos en todo el país con más de 8 millones de usuarios.

En la encuesta de la Asociación de Internet MX (2021), para el 40 % de los encuestados fue difícil conseguir empleo. La UVM (2022) señala que la principal limitación de los candidatos es no contar con la experiencia solicitada para el puesto al que aplica. Por ello, resulta conveniente crear una plataforma *online* para ofrecer prácticas profesionales a estudiantes de educación superior, con el fin de facilitar la interacción entre candidatos y reclutadores; ofrecer empleos que se adecúen a sus perfiles profesionales sin que la falta de experiencia represente un impedimento.

Siendo así, se plantean los siguientes cuestionamientos: ¿qué características debe tener una plataforma de bolsa de trabajo *online* dedicada a estudiantes universitarios? ¿Qué impacto tendría en los estudiantes universitarios una plataforma de este tipo? ¿Qué tecnologías y herramientas se pueden utilizar para desarrollar una plataforma de este estilo de manera eficiente y que resulte fácil de usar? ¿De qué manera se puede abordar el tema de la seguridad de la información y la gestión de datos de la plataforma?

Las bolsas de trabajo en línea difunden y concentran una gran cantidad de ofertas de empleo de empresas y organizaciones, con preferencia a perfiles

profesionales que cuentan con varios años de experiencia, lo que resulta de poca utilidad para universitarios que buscan una oportunidad para realizar sus prácticas profesionales o que buscan ingresar al mercado laboral por primera vez. Además, contar con información es fundamental para el desarrollo profesional. Sin embargo, esta suele estar fragmentada y dispersa, generalmente en aquellas carreras en las que participar en un programa de prácticas profesionales no es obligatorio, lo que representa una desventaja a futuro. Los reclutadores de las empresas buscan candidatos con experiencia, por lo que facilitar oportunidades adecuadas puede aumentar el interés de los jóvenes por poner en práctica sus perfiles académicos.

El presente capítulo tiene como objetivo el desarrollo de una plataforma en línea que funcione como bolsa de prácticas profesionales para estudiantes que estén por finalizar sus estudios universitarios, mediante seis herramientas y recursos para la gestión de un *curriculum vitae* (CV) con la información necesaria para los posibles reclutadores. Este prototipo de plataforma *online* puede proporcionar información valiosa sobre sus procesos de reclutamiento y comprender mejor el mercado laboral.

2. Fundamentos teóricos

2.1. Prácticas profesionales

Para muchos estudiantes, las prácticas profesionales son la culminación de la experiencia académica de un estructurado camino de asignaturas y cursos, en donde pueden aplicar mucho de lo que se ha aprendido. Para otros, es una ocasión para el desarrollo intelectual. Además, son una oportunidad para adquirir conocimiento, habilidades, actitudes y valores de una disciplina académica, así como explorar intereses personales y aptitudes. Aprender sobre las normas y valores de una profesión, incluso si se ha trabajado a tiempo completo antes, sitúa al estudiante en el entorno laboral de manera que relacione lo teórico y práctico (Sweitzer, 2013).

2.2. Proceso de reclutamiento en empresas

El reclutamiento de recursos humanos es un proceso mediante el cual se busca identificar y atraer a los mejores candidatos para cubrir posiciones disponibles en una organización. Además, se requiere que las personas se adecúen a las necesidades, visión y valores de la empresa para asegurar la comodidad y permanencia del candidato (MUSCALU, 2015).

2.3. Reclutamiento a través de bolsas de trabajo *online*

El reclutamiento *online* involucra el uso de recursos electrónicos que ayuden en el proceso de contratación. Al utilizar el Internet para conectar con potenciales candidatos alrededor del mundo, las compañías reducen el tiempo y costo asociado

a reclutar talento. Existen muchos sitios *web* disponibles para publicar, lo que provee a las organizaciones de un amplio abanico de posibles candidatos. Así, este reclutamiento incrementa la eficiencia y conveniencia para las compañías que ofertan y los candidatos que se postulan (Gupta y Bhosale, 2020).

2.4. Desarrollo de bolsa de trabajo online

2.4.1. Metodología de desarrollo

Una metodología de desarrollo de *software* es el proceso mediante el cual los analistas diseñan, implementan y prueban nuevos programas de computadora. Una metodología provee una secuencia de pasos para asegurar que el producto final concuerde con las expectativas de los desarrolladores, satisfaciendo las necesidades del cliente (Indeed, 2023). Por ejemplo, SCRUM es una de ellas, que soluciona problemas de manera flexible (Morgan, 2016).

2.4.2. Tecnologías y herramientas

2.4.2.1. Visual Studio

Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) de Microsoft para crear aplicaciones con interfaz de usuario, de consola, *web*, móviles, servicios en línea, en la nube, entre otros. Este provee herramientas para crear, hacer pruebas y corregir errores de *software*. Tiene soporte para un gran abanico de lenguajes de programación, siendo el principal C#, aunque también soporta C++, Visual Basic, Python, Java Script. Cuenta con 32 lenguajes de programación y está disponible tanto para el sistema operativo Windows como para MacOS (Aggarwal, 2022; Gaddis, 2019).

2.4.2.2. HTML

Las páginas *web* son archivos con extensión HTML -Lenguaje de Marcado de Hipertexto-. Esta extensión permite que los navegadores de cualquier dispositivo entiendan que el contenido de los archivos que leen está escrito en HTML y debe ser mostrado en pantalla siguiendo sus reglas respectivas. Este lenguaje define el contenido de las páginas *web* utilizando etiquetas de marcado contenidas entre los símbolos de mayor y menor que (< >); se colocan al inicio y al final de un objeto o texto. De este modo, el navegador puede conocer la estructura de la página, sus encabezados, párrafos, énfasis en textos, etcétera. Los navegadores ya tienen dentro de su configuración las reglas para interpretar el lenguaje HTML y que cada elemento se muestre en pantalla de la manera correcta para los usuarios (Robson y Freeman, 2012; Smith et al., 2011).

2.4.2.3. CSS

El lenguaje de Hojas de Estilo en Cascada (*Cascading Style Sheets*, en inglés) es distinto a HTML; sin embargo, trabajan en conjunto. Su propósito es aplicar estilo y formato consistente a los elementos (títulos, párrafos, listas, encabezados, etcétera) para que se vean y comporten de la misma manera en todas las páginas de un sitio. El lenguaje consiste en una serie de descripciones para cada uno de los elementos en la *web*. Cada una de estas descripciones se compone de al menos una propiedad, como puede ser el color del texto, el tamaño, la posición o el color del fondo (Robson y Freeman, 2012; Smith et al., 2011)

2.4.2.4. Javascript

JavaScript es un lenguaje de programación implementado en los navegadores *web*, es decir, que se ejecuta en las computadoras del usuario y no en el servidor en donde se almacena el sitio. Además, está sujeto a las capacidades y configuraciones del navegador que se use. Este lenguaje permite a los desarrolladores implementar interfaces de usuario dinámicas, al añadir interactividad y comportamientos personalizados a las páginas (Blumenthal, 2017).

2.4.2.5. Microsoft SQL Server Management Studio 2019

La versión actual de Microsoft SQL Server, 2019, es un sistema de manejo de bases de datos. Management Studio es la herramienta principal para trabajar, ya que provee una interfaz de usuario que los desarrolladores pueden manipular directamente, probando sentencias e instrucciones escritas en SQL (Syverson y Murach, 2020). La mayoría de los Sistemas Manejadores de Bases de Datos (DBMS) usan alguna versión de este lenguaje de sentencias, Server Transact-SQL (Celko, 2000).

2.4.2.6. Medidas para la protección de datos online

De acuerdo con Lara (2023), la seguridad en un sitio *web* garantiza que los datos almacenados no se encuentren vulnerables ante ataques cibernéticos. Se trata de un proceso continuo dentro de la administración del sitio, como el uso de contraseñas seguras, la encriptación, las funciones *hash*, la implementación de protocolo HTTPS, entre otros.

Existen diferentes algoritmos para mitigar los riesgos. El AES (*Advanced Encryption Standard*) utiliza una clave secreta entre el emisor y el receptor permitiendo el cifrado y descifrado de la información; este protege los datos que se envían por medio de dispositivos electrónicos, proporcionando una capa adicional de seguridad al cifrar los datos y hacerlos ilegibles para cualquier persona que no tenga la clave de descifrado (Laworatory, 2023). Por otra parte, el RSA (*Rivest, Shamir y Adleman*) es un

algoritmo seguro que utiliza una clave RSA privada para el descifrado y la pública para el cifrado de la información. Cuando se quiere enviar un mensaje confidencial, el emisor busca la clave pública del receptor, cifra su mensaje y una vez que llega al receptor, este se ocupa de descifrarlo usando su clave privada. Además, permite implementar la firma digital. El emisor obtiene un *hash* del mensaje a firmar y lo procesa con su clave privada obteniendo así la firma; se envían el mensaje y la firma; el receptor recalcula el *hash* y descifra el *hash* original con la clave pública del emisor (IONOS, 2022).

3. Metodología

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es documental, se revisan libros, artículos, ensayos, publicaciones de revistas, cartas, oficios, entre otros (Universidad Veracruzana, 2022). El desarrollo de la solución de *software* requirió una investigación bibliográfica con la finalidad de encontrar las mejores tecnologías y herramientas para implementar esta plataforma *web*.

En la investigación de campo se utilizan entrevistas, cuestionarios, observaciones y encuestas para recopilar datos. Las inferencias obtenidas complementan las bases teóricas (Universidad Veracruzana, 2022). La plataforma cuenta con cuestionarios de satisfacción para medir las opiniones de los usuarios, determinar la calidad del producto final de este trabajo de investigación, la efectividad de la plataforma para aumentar el índice de alumnos que realizan sus prácticas profesionales y el éxito en su contratación a las empresas donde apliquen.

La investigación experimental se lleva a cabo de manera controlada para observarlo, analizarlo y obtener resultados (Universidad Veracruzana, 2022). El propósito de la plataforma es proporcionar un espacio para jóvenes estudiantes y egresados que están en busca de una empresa para realizar sus prácticas profesionales u obtener su primer empleo. Además, se analiza la viabilidad de este medio como intermediario entre empresas y candidatos.

3.2. Viabilidad económica-financiera

Las herramientas y tecnologías empleadas en el desarrollo de esta plataforma *web* son de uso gratuito. Entornos como Visual Studio o SQL Server y Management Studio ofrecen licencias accesibles para estudiantes y desarrolladores. La publicación de la página utiliza un servicio de *hosting* gratuito con el fin de minimizar los costos de la implementación de la plataforma.

3.3. Métodos

De acuerdo con la Universidad de Valencia (2022), las investigaciones observacionales consisten en monitorear el comportamiento del sujeto de estudio en un entorno natural y sin intervenciones externas por parte del investigador. Mientras que las encuestas emplean cuestionarios para registrar las respuestas del sujeto luego de ser sometido a condiciones controladas, para documentar pensamientos, opiniones y sentimientos. Al tratarse de un sitio *web*, se requiere registrar la respuesta de los usuarios seleccionados para interactuar con esta y determinar si la propuesta es efectiva (Arrimada, 2021; Casas et al., 2003).

3.3.1. Unidad de análisis población

La muestra consiste en 63 estudiantes de las carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales y Licenciatura en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del séptimo semestre durante el 2023 en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Estos alumnos poseen conocimientos sobre tecnología y aplicaciones *web*.

4. Diseño y experimentación

4.1. Diseño

Para el diseño de la plataforma, se priorizó la simpleza en la parte visual, el contenido y las funcionalidades. Se agregaron funciones esenciales para la correcta ejecución del sitio, sin comprometer la usabilidad del prototipo final. El propósito de la plataforma es facilitar la interacción entre reclutadores y candidatos a través de ofertas de prácticas profesionales; estos últimos son los principales usuarios, quienes tendrán módulos y funciones específicos.

Tabla 1. Módulos definidos para los tipos de usuario en la plataforma

Reclutador	Candidato
Registro (creación de cuenta para la plataforma)	
Administración de datos de cuenta (Llenado de datos personales, cambio de correo y contraseña)	
Población y administración de ofertas laborales	Visualización de ofertas laborales publicadas
Visualización y aceptación de candidatos postulados en ofertas publicadas	Consulta de aprobación a ofertas a las que se postule
	Herramienta de creación y administración de CV.
Módulo de intercambio de mensajes entre reclutador y candidato para dar seguimiento al proceso de reclutamiento	

Fuente: elaboración propia.

Una vez definidos los módulos para cada tipo de usuario, se diseñaron algunas de las pantallas que se tomaron como referencia para el diseño de la interfaz gráfica de la plataforma: la paleta de colores, la disposición de elementos de las páginas y los menús.



Figura 1. Bosquejo de diseño de inicio de sesión

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Bosquejo de diseño de registro de usuario para candidato (izquierda) y reclutador (derecha)

Fuente: elaboración propia.



Figura 3. Bosquejo de diseño de módulo principal para candidatos (izquierda) y reclutadores (derecha)

Fuente: elaboración propia.

Definido el diseño de la interfaz gráfica que tendrá la aplicación, se empleó la metodología SCRUM para el desarrollo individual de los módulos. A pesar de que

hay módulos que dependen de otros anteriores para funcionar (como en el que los reclutadores publican sus ofertas y en el cual los candidatos pueden visualizarlas y postularse), esto no influye en su desarrollo individual. Además, si se da el caso en que deba modificarse un módulo previo, esto no afectará a los demás porque la codificación de cada uno estará aislada.

Una vez planificados los módulos, se utilizó Visual Studio 2022, con el lenguaje de programación C# para su desarrollo, así como Transact SQL para las consultas a la base de datos. Una vez terminada la codificación, se realizaron pruebas unitarias en el entorno de depuración para corroborar el funcionamiento correcto del módulo. En los casos en donde hubo cambios, se volvieron a realizar pruebas. Después, se planificó el siguiente módulo en la lista, iniciando una vez más el proceso hasta finalizar con todos.

4.2. Experimentación

Para esta fase, lo único que cambió fue el entorno de implementación de la plataforma. Se utilizó el servicio de *hosting* Somee para publicar la página *web* y almacenar la base de datos del sitio. La pantalla inicial de la plataforma es la de *Inicio de Sesión*. Aquí, tanto reclutadores como candidatos registrados introducen las credenciales de su cuenta según el tipo de usuario. En caso de haber olvidado su contraseña, pueden acceder al apartado de recuperación. Una vez enviada la información de registro, se manda al correo electrónico que registró un enlace con un *token* único para la activación de su cuenta y prevenir que se intente acceder con información de otra persona.

Una vez que los usuarios ingresan por primera vez a la plataforma, un mensaje aparece para pedirles que completen su registro, con información sobre sus objetivos académicos y profesionales, periodo de inicio y finalización de estudios, tipo de ofertas laborales que buscan (en el caso de los candidatos), razón social, rubro e información de contacto (en el caso de los reclutadores). Los candidatos y reclutadores no podrán postularse o publicar ofertas si esta información no ha sido registrada. Cuando los reclutadores finalizan el registro, el sitio los redirige a la pantalla principal, en la cual se muestran las ofertas que el usuario haya publicado, para cada una de ellas puede verse la lista de los candidatos que se han postulado y sus CV; pueden editar y administrar la información de la oferta en cuestión. También tienen acceso a un formulario que les permite registrar las ofertas laborales a la plataforma, ingresando información como el título de la oferta, los requisitos que solicitan, el tipo de contrato que manejan, la carrera de la unidad académica a la que está destinada la oferta, entre otras. La estructura de la plataforma es bastante similar para los candidatos. El inicio es una lista en la que se muestran

las ofertas que han sido publicadas por los reclutadores, pueden ver los detalles y postularse. Tienen pueden revisar si sus solicitudes han sido aprobadas o no. Finalmente, pueden crear y administrar un CV; tanto ellos como los reclutadores podrán ver e imprimir.

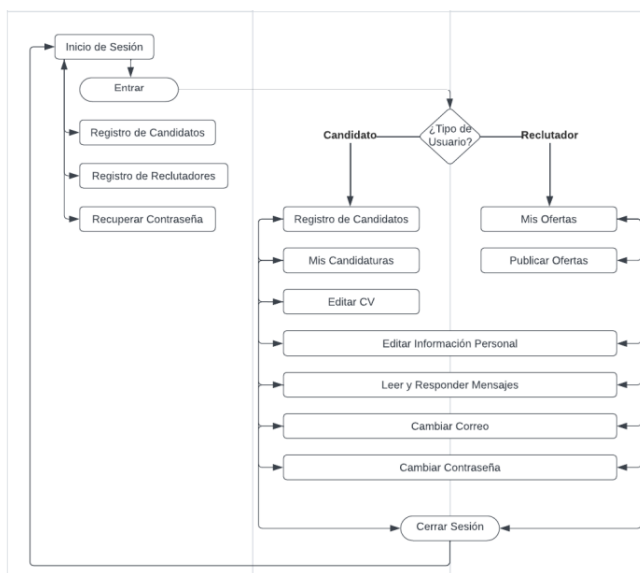


Figura 4. Diagrama de flujo de la plataforma

Fuente: elaboración propia.

5. Análisis de resultados

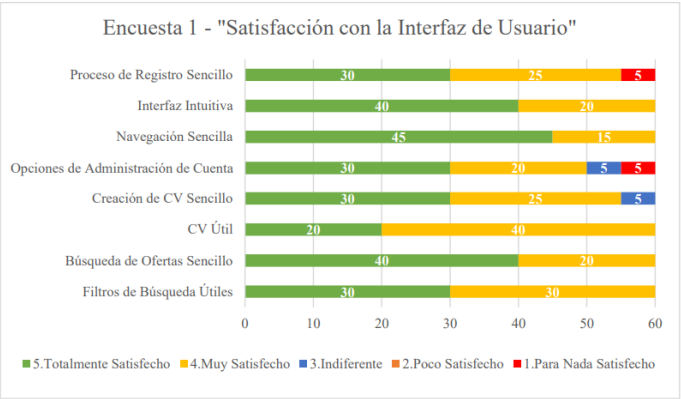
Durante las pruebas de la plataforma publicada en el servidor, se aplicaron dos encuestas de satisfacción a los usuarios candidatos para ofertas de prácticas profesionales. En la primera evaluaron la interfaz de usuario (Anexo A). En la segunda se evaluaba la efectividad y eficacia del proceso de reclutamiento cuando se postulaban (Anexo B). En ambos casos, se utilizó una escala del 1 al 5, siendo 1 el valor destinado a la opinión más baja y el 5 a la más alta para cualquiera de los reactivos de las encuestas. Este instrumento es sencillo y ofrece una retroalimentación rápida sobre la satisfacción de usuario, desde *Totalmente en desacuerdo* (1) a *Totalmente de acuerdo* (5) (Hodge, 2024).

Se dio una ventana de siete días a los estudiantes para que interactuaran con la plataforma, activaran su cuenta, buscaran ofertas, se postularan y pasaran por el tiempo de espera. Al realizar las pruebas se presentaron problemas de rendimiento dos veces, debido a que el *hosting* público puede llegar a saturarse y ocasionar

problemas de conexión al sitio, pero se resolvió reiniciando el servicio para refrescar la memoria caché del servidor y liberar el tráfico en la conexión al sitio.

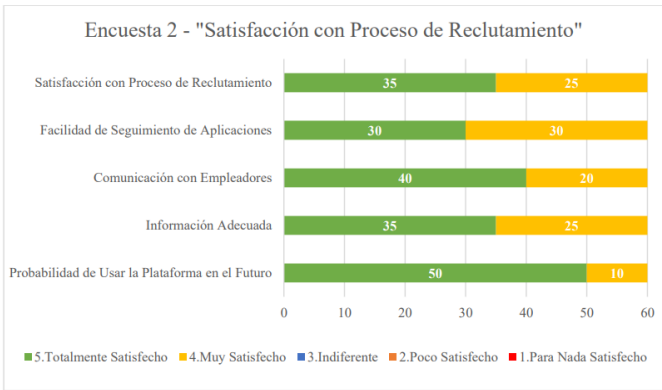
A continuación, se muestra un desglose de las respuestas que los usuarios enviaron en ambas encuestas, en donde se muestra el conteo de las calificaciones recibidas para cada pregunta.

Tabla 2. Relación de respuestas obtenidas en la encuesta de satisfacción con interfaz de usuario



Fuente: elaboración propia.

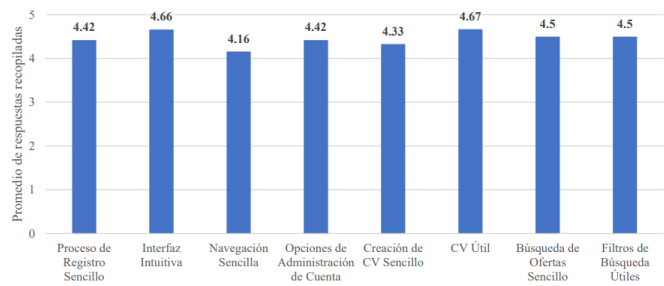
Tabla 3. Relación de respuestas obtenidas en la encuesta de satisfacción con proceso de reclutamiento



Fuente: elaboración propia.

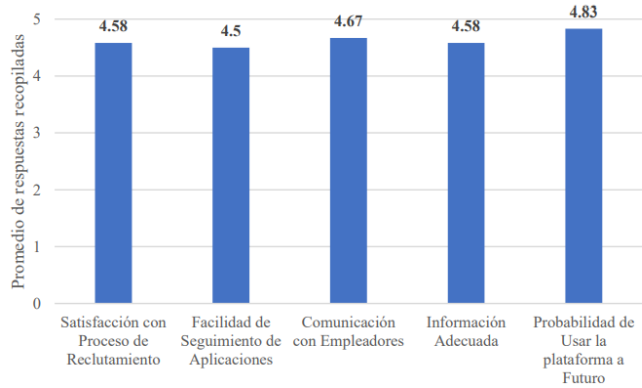
De acuerdo con lo anterior, se muestra el promedio del nivel de satisfacción que presentaron los usuarios por cada reactivo de las encuestas aplicadas, así como el promedio general de ambas, correspondiente a las variables que se definieron para evaluar la plataforma.

Tabla 4. Promedio de satisfacción con interfaz de usuario



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Promedio de satisfacción con la eficiencia del proceso de reclutamiento



Fuente: elaboración propia.

Los resultados son favorables y reflejan la eficiencia de la plataforma en los aspectos que a continuación se mencionan. El sistema de filtrado facilita la búsqueda de ofertas de prácticas profesionales a los estudiantes. La interfaz resulta intuitiva y fácil de usar, lo cual permite a los empleadores publicar ofertas de prácticas y a los estudiantes postularse. Se implementó la funcionalidad de llevar el seguimiento de aceptación de las candidaturas de los estudiantes, así como un sistema de mensajes para propiciar la retroalimentación empleador-candidato de manera sencilla y

efectiva. La herramienta que permite a los candidatos crear y mantener un CV sencillo para el momento de postularse a las ofertas del sitio resulta útil como primer vistazo para los empleadores acerca del estudiante que se postula a las ofertas que publica. El uso de formatos de contraseñas seguras para los usuarios, autenticación de cuentas mediante correo electrónico, cifrado de contraseñas y aplicación de un certificado SSL para la conexión de la página *web* favorecen la seguridad e integridad de los datos que esta recopila.

6. Conclusiones

El objetivo planteado se cumple con la creación de un prototipo de plataforma *online* que funcione como bolsa de trabajo para estudiantes universitarios en busca de prácticas profesionales. Esta proporciona información valiosa en el proceso de reclutamiento para los empleadores y su capacidad para acelerar la inserción de los estudiantes en el mercado laboral. Sin embargo, la inserción es de estudiantes y no de egresados.

Con la experimentación se concluye que la demostración y viabilidad de la plataforma es correcta y eficiente. Su proceso de registro sencillo, interfaz gráfica y navegación intuitiva facilitan la exploración de todas sus funcionalidades. Además, las opciones de administración de cuenta permiten a los usuarios tener control sobre su perfil, su CV y los filtros de búsqueda para encontrar trabajos que se adapten a sus necesidades. La adecuada información que se incluye en las ofertas que se publican, la posibilidad de darle seguimiento a la aceptación de las candidaturas, así como mantener una comunicación activa con los empleadores ha generado una alta satisfacción en los usuarios, lo que aumenta las probabilidades de que, una vez que se implemente en un entorno real, quieran seguir utilizando la plataforma para buscar nuevas ofertas de prácticas profesionales y acelerar su inserción al mercado laboral.

7. Trabajos futuros

El desarrollo de este proyecto de investigación constituye una solución óptima para comunicación entre empresas y estudiantes en el proceso de reclutamiento; sin embargo, se lograron identificar mejoras para tener un resultado mejor o ampliar el alcance de la plataforma. Entre los trabajos futuros se mencionan los siguientes: contemplar la incorporación a usuarios como personas egresadas de la universidad, realizar un plan de difusión eficiente por medio de correo electrónico sobre las vacantes, dar seguimiento al trabajo que realizan los estudiantes en las prácticas profesionales para validar que la actividad esté en afinidad con lo que están estudiando y generar reportes mediante predicción de datos, lo que permitirá a las partes interesadas tomar decisiones.

Referencias

- Aggarwal, A. (2022, 17 de noviembre). Introduction to Visual Studio. *Geeks for Geeks*. <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-visual-studio/>
- Arrimada, M. (2021, 20 de diciembre). Método observacional: qué es, tipos, características y funcionamiento. *Psicología y Mente*. <https://psicologiaymente.com/psicologia/metodo-observacional>
- Asociación de Internet MX. (2021). *Estudios de asociación*. <https://irp.cdn-website.com/81280eda/files/uploaded/Estudio%20de%20bu%CC%81squeda%20de%20empleo%20en%20Li%CC%81nea%202021%20AIMX%20versio%CC%81n%20pu%CC%81blica.pdf>
- Blumenthal, S. (2017). *JavaScript: JavaScript For Beginners - Learn JavaScript Programming with ease, CreateSpace Independent Publishing Platform*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Calderón, F. (2022). OCC Mundial. *Forbes México*. <https://www.forbes.com.mx/author/fernando-calderon/>
- Casas, J., Repullo, J. y Donado, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria: Publicación Oficial de la Sociedad Española de Familia y Comunitaria*, 31(8), 527-538.
- Celko, K. H. (2000). *The Guru's Guide to Transact-SQL*. Addison-Wesley Professional.
- CompuTrabajo. (2022). *Buscar Ofertas*. <https://mx.computrabajo.com/>
- Crespo, S. F. (2018). Importancia de las prácticas pre profesionales para los estudiantes de Educación Superior en la Universidad de Guayaquil. *Innova Research Journal*, 3(8), 14-26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6778218>
- Gaddis, T. (2019). *Starting out with Visual C#*. Pearson.
- Gupta, R. y Bhosale, P. (2020). Effectiveness of E-Recruitment Over Traditional Recruitment Methods with Special Reference to It Sector. *Shodh Sarita*, 7(28), 1-7. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4332621
- Hodge, M. (2024, 20 de agosto). Rating Scale. *Super Survey*. <https://www.supersurvey.com/RatingScale#WhatIsRatingScale>
- Indeed. (2023, 24 de enero). *Career Development*. <https://au.indeed.com/career-advice/career-development/software-development-methodology>
- Ionos. (2022, 1 de marzo). *Claves RSA*. Ionos Digital Guide: <https://www.ionos.mx/digitalguide/servidores/seguiridad/claves-rsa/>
- Lara, F. (2023, 23 de marzo). Seguridad en Internet: Consejos y medidas para proteger tu privacidad en línea. *GoDaddy*. <https://www.godaddy.com/resources/latam/seguiridad/que-es-seguiridad-en-la-web-manual-basico>
- Laworatory. (2023, 5 de octubre). *Validación de sistemas criptográficos*. <https://laworatory.com/blog/validacion-de-sistemas-criptograficos-en-la-proteccion-de-datos-analisis/>

- Mejía, J. (2022, 10 de mayo). *Usuarios en México de Facebook, Instagram, TikTok, LinkedIn, Snapchat y Twitter*. <https://www.juancmejia.com/redes-sociales/usuarios-en-mexico-de-facebook-instagram-tiktok-linkedin-snapchat-y-twitter-2022/>
- Morgan, A. V. (2016). *Scrum!: The Ultimate Beginners Guide To Mastering Scrum To Boost Productivity & Beat Deadlines*. Kindle.
- Muscalu, E. (2015). Sources of Human Resources Recruitment Organization. *Revista Academiei Fortelor Terrestre*, 3(79), 351-359. https://www.armyacademy.ro/reviste/rev3_2015/MUSCALU.pdf
- Robson, E. y Freeman, E. (2012). *Head First HTML and CSS*. O'Reilly.
- Smith, J., Creative Team, A. y Osborn, J. (2011). *Web Design with HTML and CSS Digital Classroom*. Wiley.
- Sweitzer, M. A. (2013). *The Successful Internship: Personal, Professional, and Civic Development in Experiential Learning*. CENGAGE Learning.
- Syverson, B. y Murach, J. (2020). *Murach's SQL Server 2019 for Developers*. Mike Murach & Associates.
- Universidad de Valencia. (2022). *Métodos*. https://www.uv.es/webgid/Descriptiva/331_mtodos.html
- Universidad Veracruzana. (2022). *Tipos de Investigación*. <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>
- Universidad del Valle de México. (2022). *Encuesta Nacional de Egresados 2022*. UVM Centro de Opinión Pública. https://opinionpublica.uvm.mx/wp-content/uploads/2022/09/BROCHURE_UVM.pdf

Anexo A. Evaluación de satisfacción de la interfaz de usuario

- ¿El proceso de registro resultó sencillo?
- ¿La interfaz es intuitiva y fácil de entender?
- ¿Navegar por el sitio resulta sencillo?
- ¿Estoy satisfecho con las opciones disponibles para administrar los datos de mi cuenta?
- ¿Fue sencillo crear mi CV con la herramienta que ofrece este sitio?
- ¿Considero que la herramienta para crear mi CV me fue de utilidad?
- ¿Buscar ofertas de prácticas profesionales en este sitio es muy sencillo?
- ¿Los filtros de búsqueda me ayudaron a encontrar ofertas adecuadas para mí?

Anexo B. Evaluación de efectividad y eficacia del proceso de reclutamiento

- ¿Qué tan satisfecho estás con el proceso de reclutamiento a través de esta plataforma?
- ¿Qué tan sencillo es llevar el seguimiento de aceptación de las candidaturas a las que aplicas?
- ¿Cuán útil te resultó la plataforma para mantenerte en comunicación con los empleadores?
- ¿Qué tan útil es la información que te proporcionan las ofertas publicadas en la plataforma?
- ¿Qué tan probable es que utilices esta plataforma cuando tengas que buscar una empresa para realizar tus prácticas profesionales en el futuro?



Aplicación informática para la optimización y medición integral de recolección de residuos sólidos urbanos en Reynosa, Tamaulipas, México

Marco Antonio Montalvo Hernández¹

*Wenceslao Eduardo Rodríguez-Rodríguez^{*2}*

Lucía Terán Gutiérrez²

Resumen

Se presenta el diseño e implementación de una aplicación móvil con entorno de desarrollo integrado, en lenguaje de programación multiparadigma, y manejador de bases de datos SQL, como solución a la problemática que se vive en el ayuntamiento de Reynosa, Tamaulipas, respecto a la recolección de residuos sólidos urbanos. Los objetivos son: identificar zonas de mayor generación de residuos urbanos, unidades recolectoras, definición de ambiente de desarrollo del *software*, definición de almacenamiento de datos, entre otros. La muestra estuvo compuesta por cinco zonas oficiales existentes en el padrón de obras públicas, con entrevistas a expertos. Se realizó un análisis descriptivo de las actividades actuales, procesos y personal involucrado. Los resultados muestran que se optimizaron la logística, planeación y generación de microrutas de recolección de residuos sólidos urbanos. La aplicación automatizada plantea soluciones de impacto social, al tener menos basura en los calles y avenidas; logrando un mejor ambiente natural, menos fauna nociva y reducción de enfermedades. Por otra parte, está el impacto

¹ Gobierno Municipal 2021-2024 Reynosa. Morelos No. 645 entre Hidalgo y Juárez Cd. Reynosa, Tamaulipas.

² Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe-Universidad Autónoma de Tamaulipas.

* Autor de correspondencia. E-mail: wrodriguez@docentes.uat.edu.mx

administrativo, al recolectar datos con apoyo de un *software* computacional y contribuir con mejores prácticas.

Palabras clave: dispositivo móvil, aplicación, almacenamiento de datos, residuos sólidos urbanos.

1. Introducción

De acuerdo con la Oficina de Naciones Unidas de la República Mexicana, uno de los problemas que aqueja a las ciudades es la ineficiencia en el servicio de limpia y recolección de basura (ONU, 2021). Según Salvador (s.f.), en México existe un grave problema de generación de residuos sólidos urbanos, que afectan la economía y el ambiente. De acuerdo con el Banco Mundial (2019), si no se adaptan medidas significativas, para el 2050 se estará generando el 70 % más de residuos, respecto a los niveles actuales. Reynosa, Tamaulipas, no está exenta de este problema, siendo una ciudad de gran crecimiento económico y poblacional, que genera aproximadamente 414 toneladas de residuos sólidos urbanos por día.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -SEMARNAT- (2017) define a los residuos sólidos urbanos -RSU- como aquellos generados en casa o cualquier otro establecimiento que terminan en la vía pública. Actualmente, la recolección de residuos sólidos urbanos en Reynosa tiene grandes limitantes que impiden realizar un proceso óptimo, por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis: El diseño, desarrollo e implementación de una aplicación, utilizando las tecnologías computacionales, comunicaciones, programación orientada a objetos y base de datos, servirá para la optimización del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos, así como la medición del desempeño de cada unidad vista como centro de costo, con ello disminuirá la presencia de residuos sólidos urbanos en la ciudad. Actualmente, el procedimiento de recolección de RSU tiene limitantes, como la realización de las rutas de los vehículos recolectores, esto debido a que el conductor no conoce las áreas a recolectar y la ruta es otorgada de manera manual. El crecimiento de la población y la falta de educación en materia de cuidado del medioambiente son otras delimitaciones.

El objetivo de este trabajo es diseñar, desarrollar e implementar una aplicación para la gestión automatizada del servicio municipal de recolección de residuos sólidos urbanos en Reynosa, Tamaulipas, a través de tecnologías computacionales y de comunicaciones. Las secciones de esta obra son: “Introducción”, “Fundamentos teóricos” (conceptos básicos de residuos sólidos-urbanos, *software* de desarrollo y conectividad), “Materiales y métodos” (dispositivos y estrategias), “Diseño y experimentación” (plan de trabajo para la aplicación computacional), “Análisis de resultados” y “Conclusiones”.

2. Fundamentos teóricos

En la presente sección, se expone la teoría fundamental sobre normatividad medioambiental, desarrollo de *software* y las necesidades de *hardware*.

2.1. Residuos sólidos urbanos

A los residuos que son generados en las labores domésticas y en establecimientos públicos se les denomina residuos sólidos urbanos -RSU- según el Diario Oficial de la Federación (2003). El incremento en su generación se debe al crecimiento de las ciudades, derivando en el aumento de las actividades industriales, de servicios y comerciales. Lo anterior, conduce a la necesidad de mejorar sus actividades de recolección, manejo y disposición final. La conducción de los RSU que son recolectados por los servicios municipales disminuye la presencia de focos de infección urbanos y la propagación de enfermedades virales (SEMARNAT, 2015).

2.2. Normatividad de salud hacia el manejo de RSU

El manejo óptimo de los RSU por parte de las administraciones públicas evita afectaciones en la salud de la población y reduce el impacto medioambiental. Por lo tanto, la legislación mexicana relacionada con los RSU incluye:

- La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Generación de Residuos Sólidos (Norma NMX-AA-61-1985).
- Norma Oficial Mexicana (NOM-161-SEMARNAT-2011).
- Norma Oficial Mexicana (NOM-83 SEMARNAT-2003).
- Reglamento de la Ley General para la prevención y gestión de los RSU.

2.3. Estado actual de la recolección de RSU en Reynosa, Tamaulipas

La recolección de basura requiere una programación, calendarización, asignación de las unidades recolectoras y la publicación de las rutas, siendo esta última un proceso empírico. Actualmente, en Reynosa se emplean camiones con equipo de carga de ocho toneladas y sistema hidráulico de compactación. La operación ocurre a través de un chofer y trabajadores, donde estos últimos, descienden del vehículo para ingresar el material al contenedor del vehículo.

La calendarización del acopio de residuos sólidos urbanos es dada a conocer al público para que los dueños de los contenedores domésticos dispongan sus residuos en la acera de sus viviendas o negocios. El conductor de la unidad de recolección deberá cumplir con el horario, ruta y manipulación del sistema de compactación de residuos, con el objetivo de cumplir con las metas de la administración. En esta investigación se propone un sistema eficiente con base en las siguientes tecnologías:

2.4. Sistemas de Posicionamiento Global

En la actualidad, es posible la transmisión de información (datos, voz y video) a través de un solo dispositivo. Los Sistemas de Posicionamiento Globales (GPS, *Global Positioning System*) proporcionan servicios de navegación y cronometría 24/7 a usuarios de diversos sectores. Están constituidos por tres elementos: satélites, estaciones terrestres de control-seguimiento y unidades receptoras del cliente. Los satélites son los encargados de enviar la información que identifican y reciben los GPS, que incluye altitud, longitud y latitud, así como la hora local (GPS, 2021). Los camiones recolectores de basura cuentan con estos dispositivos que, a través de una tarjeta SIM y un servicio contratado de red, establecen comunicación con el usuario transmitiendo su posición en lapsos de 30 segundos. Cada transporte de RSU cuenta con una tableta con sistema operativo Android que le permite recorrer la ciudad con apoyo de mapas.

3. Materiales y métodos

Fue realizado un análisis descriptivo de las actividades, procesos y personal involucrado en la ruta de recolección de residuos sólidos urbanos. La muestra estuvo compuesta por cinco zonas oficiales existentes en el padrón de obras públicas, con entrevistas a expertos. Se generaron grupos por unidad de recolección para realizar el recorrido de cada una de las zonas. Los criterios para crearlos se basaron en el equilibrio geográfico-poblacional, para balancear las cargas y el tiempo de recorrido. Se establecieron geocercas con límites al norte, sur, este y oeste; esto con el fin de que los operadores de los camiones recolectores visualicen las fronteras de las áreas asignadas a recorrer y no se invadan rutas. Con lo anterior se genera un archivo .kml que presenta informe del recorrido de cada una de las cinco zonas en las que se encuentra dividida la ciudad; la aplicación permitirá optimizar tiempos. Por lo tanto, en esta sección son presentados los dispositivos en cuanto a *software* y *hardware*. Además, se explican los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación que permitirá la supervisión de rutas para recolección.

3.1. Requerimientos funcionales

Se requiere desarrollar una aplicación computacional para la trazabilidad de rutas por parte de las unidades recolectoras de RSU. Su monitoreo conducirá a un mejor servicio de la administración municipal, permitiendo a los trabajadores el reemplazo de hojas en papel para el censo de esta actividad. Los registros deberán contener: el tiempo de recolección en un área en particular, tiempo de abastecimiento de combustible y tiempo no productivo. La aplicación deberá considerar las cinco zonas en las que es segmentada la recolección de RSU municipal, las colonias de

Reynosa, los trabajadores, las unidades disponibles, la asignación de nuevas rutas y segundas vueltas en colonias donde se generan más residuos.

3.2. Requerimientos no funcionales

- Requerimientos de usabilidad. Se refiere a que la aplicación pueda ser interpretada por cualquier usuario sin necesidad de una capacitación técnica extensiva.
- Requerimiento de portabilidad. Disponibilidad de la aplicación ante posibles fallos, pérdidas o robos del móvil para su utilidad en otro dispositivo basado en Android.

3.3. Materiales

A continuación, son presentados los materiales que constituyen esta investigación. El equipo GPS utilizado es el LMU-330 marca CalAmp, un servidor Power Edge R540 marca Dell y tabletas Samsung Galaxy A. Así como los programas Windows Server 2016 y Microsoft SQL 2017 Server.

3.3.1. GPS LMU-330

Es un sistema de monitoreo para aplicaciones automotrices que permite conocer la localización del vehículo en caso de robo, siniestro o actividades comerciales. Posee una batería de respaldo de 200mA, una operación a baja potencia, un acelerómetro en 3 ejes, siendo requerida una alimentación de 12 a 24 volts. La comunicación se establece a partir de una red celular que permite el envío de mensajes SMS con el receptor de manera bidireccional (Telcel, 2021). Cada unidad cuenta en su interior con un módulo integrado GPS LMU-330, instalado de manera oculta; ninguno de los trabajadores a bordo tiene acceso a él ni conoce su ubicación.

3.4. Método de operación de la aplicación

A continuación, se describen los procesos requeridos para ejecutar la aplicación, orientada hacia la recolección de RSU por parte de las unidades recolectoras municipales.

A. Proceso de sorteo

En la fecha seleccionada se obtuvo una lista de colonias en las que se recolectarían los RSU. Para la confirmación de la lista, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- Determinación de los vehículos recolectores disponibles para atender el servicio.
- Selección de un vehículo para atender la tarea de recolección.

- Segunda verificación de la disponibilidad de la unidad en la base de datos desarrollada en SQL.
- Asignación en la aplicación de una hoja de trabajo en la unidad vehicular y almacenamiento de la información en la base de datos.
- Selección de la unidad para realizar la tarea; registro en la base de datos a fin de que se omita su disponibilidad.

B. Presentación del recorrido a realizar al chofer de la unidad.

- Es presentada la unidad al chofer, así como la ruta a realizar. Para este propósito es asignada la fecha actual y el código del empleado.
- Previamente, son realizadas geocercas, las cuales permiten segmentar la ciudad y respectivamente las zonas de recolección según el día de la semana. En función del grupo de colonias asignado, es proporcionado un archivo .kml correspondiente a la geocerca en cuestión.
- El mencionado archivo es exportado a .xml para leer los datos por etiquetas de coordenadas.
- La aplicación proporciona un listado del conjunto de coordenadas correspondientes a la geocerca.
- Se realiza una consulta del listado de puntos de geolocalización de la unidad mediante el servicio *web*.
- Se envía un listado de coordenadas de la geocerca y otro de las coordenadas de la unidad para su manipulación a través de JavaScript.
- Mediante las funciones del API de Google Maps para añadir polígonos y marcadores, es dibujada la geocerca del grupo de colonias y marcadores de flecha con orientación según la posición de la unidad.

C. Recorridos por grupos de colonias

Se obtiene un reporte generado por la base de datos, que presenta las colonias visitadas en el recorrido, según las condiciones establecidas para las unidades y de acuerdo con la zona seleccionada, indicando la siguiente información: grupo, colonias, fecha, chofer, unidad y cobertura (Figura 1).

Ranking Oriente

ZONA Oriente Q

Copy Excel PDF

Buscar:

Grupo 1:	Colonias	Fecha	Chofer	Unidad	Cobertura	
1	Villas de la Joya, Ampliación Villas de la Joya	30/03/2020	Leyva Quijano Fidel	C364	94	Recolectado
2	Vamos Tamauilipas	30/03/2020	Ramirez Garza Sergio Antonio	C374	82	Recolectado
3	Los almendros 3, Almendros Sector Caobas	30/03/2020	Juarez Covarrubias Leobardo	C375	76	Recolectado
4	Balcones de Alcatraz I (Cordillera de Alcatraz a Parque de los Escultores, Boulevard Villas de Esmeralda, Adolfo López Mateos)	13/04/2020	Hernandez Gome Eduardo	C371	94	Recolectado
5	Balcones de Alcatraz (Piso Broad a Everest, Roble, Boulevard Villas de Esmeralda)	13/04/2020	Del Carmen Hernandez Joaquin	GGC182	92	Recolectado
6	Esperanza	13/04/2020	Pedrosa Sanchez Garcia Gabriela	C360	98	Recolectado

Figura 1. Reporte de los recorridos a realizar por parte de las unidades recolectoras de RSU registrados en la base de datos

Fuente: elaboración propia.

4. Diseño y experimentación

La aplicación desarrollada requirió de programación orientada a objetos, bases de datos, dispositivos de geoposicionamiento satelital y dispositivos móviles. Con el objetivo de comprobar el funcionamiento del sistema desarrollado, es importante destacar que existen variables que pueden cambiar los resultados esperados, como el consumo de combustible, el tiempo invertido en diferentes actividades y la eficiencia del operador de la unidad.

4.1. Gestión de las rutas de recolección

El sorteo de las rutas de recolección es realizado por un usuario designado por el Centro de Administración y Monitoreo de Unidades -CAMUN- (Figura 2). Dentro de la pantalla, se encuentra la opción de *Recolección* y en el submenú la opción de *Sorteo* (Figura 3). Posteriormente, se selecciona el día que se requiere sortear, no es necesario ingresar la lista de las colonias, ya que previamente fueron registradas en el sistema. En el caso de que encuentren rutas de la fecha seleccionada, estas se ingresan al listado, de lo contrario el usuario es dirigido al sorteo del día. Es necesario elegir las unidades que saldrán al recorrido; si estas no salen a tiempo, podrán reasignarse los choferes en el icono *Actualizar* de cada unidad (Figura 4).

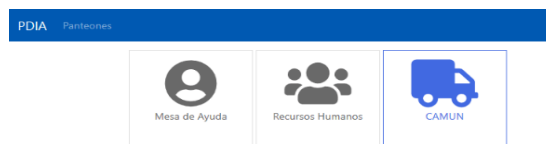


Figura 2. Pantalla de usuario del CAMUN en la plataforma

Fuente: elaboración propia.

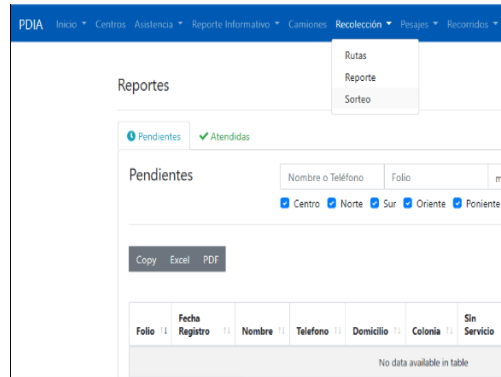


Figura 3. Selección de sorteo en la pestaña de recolección en la plataforma
Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Cambio de choferes en las unidades de recolección de RSU en la plataforma
Fuente: elaboración propia. 53582562

Cuando sucede la selección de un chofer, que ya fue previamente asignado a otra unidad, es solicitada una confirmación para la modificación del conductor de una unidad. Después, se seleccionan las rutas con un mínimo de unidades según el grupo de colonias a sortear aleatoriamente. Esto sucede de acuerdo con el día seleccionado, ya que cada grupo tiene un listado de unidades de recolección disponibles para su asignación. Al finalizar este proceso, se muestra un listado de los vehículos seleccionados según el grupo de colonias a recorrer (Figura 5).

Chofer	Fecha	Grupo	Unidad	
Vila Camacho Adrian Heradio	2020-05-25	15 de enero, Margarita Maza de Juárez V, Margarita Maza de Juárez II, Margarita Maza de Juárez	C887	Recordar
Toriente Alvarez Antonio	2020-05-25	Villa Esmeralda (Bld Villal de Esmeralda a Minas Dos)	C378	Recordar
Sandoval Lopez Alberto	2020-05-25	Fraccionamiento Reynosa	C368	Recordar
Sanchez Rodriguez Gilberto	2020-05-25	Satelite (de Tero de Enero, Juan Escutia, Calle 21 y 3 de Mayo), Satelite II	C359	Recordar
Salazar Vazquez Misael	2020-05-25	El Maestro, Ampliación El Maestro, La Escondida, La Escondida (Epide), Ampliación La Escondida, Vivero Municipal, Polideportivo Parque Cultural	C861	Recordar
Salazar Bautista Luis Ivan	2020-05-25	Villas de la Joya, Ampliación Villas de la Joya	G00406	Recordar
Rosas Torres Oscar Bluth	2020-05-25	Balcones de Alzola (Río Rion a calle 21 Oeste, Au. Alzola a Rabilé)	C372	Recordar
Rodriguez Cervia Manuel Alejandro	2020-05-25	Nuevo Amanecer, 20 de Noviembre	C379	Recordar

Figura 5. Listado de las unidades seleccionadas a partir de una ruta establecida

Fuente: elaboración propia.

Una vez sorteado el personal, las rutas son enviadas directamente al chofer y desplegadas en su aplicación. Cada vehículo recolector cuenta con una tableta para visualizar información, indicando los primeros 10 puntos consecutivos en los que deberá atender el servicio, comenzando por el punto marcado con el número 1 (Figura 6). En 30 segundos se realiza una consulta con el servidor enviando el código del empleado y el último número de marcador mostrado, con el fin de obtener el grupo de colonias que le corresponde al vehículo. Los choferes solo pueden consultar la ruta asignada, al ir cursando el recorrido, los puntos de la ruta se van marcando y son borrados del mapa, para evitar confusión con respecto al recorrido previamente realizado. No puede ser registrado un punto si no ha sido registrado el punto anterior.

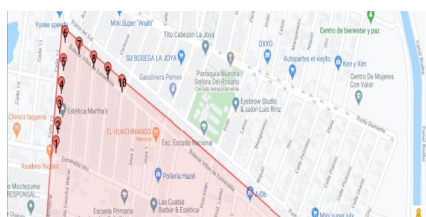


Figura 6. Visualización de la aplicación para dispositivo Android a bordo del vehículo recolector de RSU

Fuente: elaboración propia.

4.2. Pruebas de campo

Evaluar la aplicación en modo de prueba requiere evaluar los siguientes elementos:

- Camión recolector.
- Equipo operador del camión recolector (choferes y trabajadores).

- Generación de ruta a seguir.
- Tableta conecta a la red.
- Capacitación al personal operador del camión recolector.
- Puntos de inicio de los recorridos.
- Si el camión está al máximo en su capacidad de RSU.
- Otras circunstancias que impidan la recolección.
- Reiniciar el recorrido en el punto si una recolección no fue finalizada.
- Concluir el recorrido.
- Reportes a la base operadora si no fue posible realizar un recorrido por circunstancias ajenas al servicio de recolección mediante la operación de *Reporte*, indicando las zonas donde no fue posible ingresar.

Cuando el conductor de la unidad comienza el recorrido, en su tableta se visualiza la geocerca a transitar. Para ilustrar lo anterior, se muestra como ejemplo la ruta 035 Villa Esmeralda Norte (Figura 7).

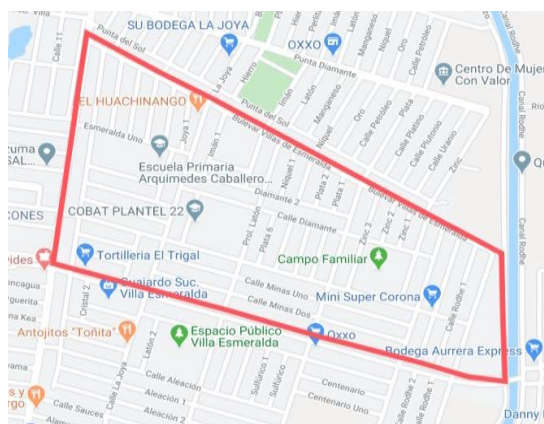


Figura 7. Geocerca de ruta 035 en Reynosa, Tamaulipas Villa Esmeralda Norte
Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de visualizar el orden del recorrido, la aplicación muestra mediante flechas negras el sentido en el que debe dirigir la unidad cuando se encuentre fuera de la geocerca. Posteriormente, las flechas verdes distinguen el sentido de recolección dentro de la geocerca (Figura 8).

En la Figura 10, se muestra que ha sido atendida el 80 % del área asignada al grupo Oriente 35, dejando un porcentaje significativo de calles sin recorrer. El tiempo invertido en esta recolección fue de nueve horas y 30 minutos, con 17 toneladas recolectadas de RSU, aunque no se recorre en su totalidad la colonia asignada, quedando varios segmentos de calles sin atender. En la Figura 11, se visualiza un 80 % de cobertura, con un tiempo invertido de seis horas y 39 minutos, recabando 7.21 toneladas de RSU. La aplicación fue puesta a prueba el 8 de mayo del 2020, obteniendo el siguiente resultado.

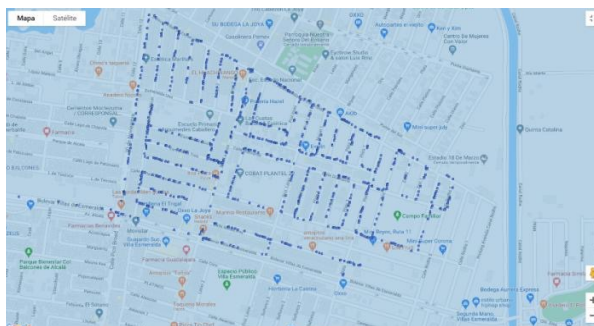


Figura 11. Cobertura de recolección del 24 de febrero del 2020

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 12, se atiende casi el 100 % del área del grupo Oriente 35, a pesar de marcar una calle como no transitable, siendo la única área sin recorrer. El tiempo invertido es de 6 horas y 30 minutos, con 14 toneladas recolectadas de RSU.

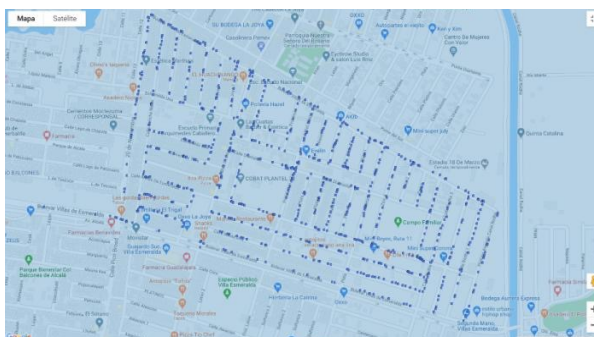


Figura 12. Cobertura de recolección del 8 de mayo del 2020

Fuente: elaboración propia.

La hipótesis planteada es causal, ya que mide las variables de cantidad recolectada de RSU, el porcentaje de área de cubierta/recorrida y el tiempo empleado en estas actividades; bajo la premisa de que automatizar las rutas de recolección garantiza la transparencia en su asignación.

6. Conclusiones

Con la implementación de la aplicación informática para la optimización y medición de recolección de RSU, se contribuye en dar solución a una de las temáticas de mayor impacto en la Agenda 2030 de la ONU sobre el cambio climático y medioambiente. Hoy en día existen diferentes aplicaciones ecológicas que ayudan al reciclaje, la desarrollada en esta investigación aborda las necesidades propias de la ciudad fronteriza y tiene un impacto administrativo, al presentar resultados inmediatos que abonan a mejores prácticas y toma de decisiones. La implementación de la propuesta de aplicación para optimizar y medir los RSU generados en Reynosa logró un 99 % de cobertura en físico de las áreas seleccionadas, así como la optimización del recorrido debido a la visualización de los puntos geográficos a recorrer por medio de la aplicación, en un tiempo de 6 horas con 30 minutos, con una recolección de 14 toneladas de RSU. Para dar seguimiento a la presente investigación, se recomienda ampliar la medición integral del proceso, utilizar en mayor medida la aplicación, agregar el total de sectores de la ciudad, medir la cobertura total, ampliar la cantidad recolectada y disminuir el tiempo requerido.

Referencias

- Banco Mundial. (2019, 8 febrero). *Resumen anual: El año 2018 en 14 gráficos*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/12/21/year-in-review-2018-in-14-charts>
- Global Positioning System GOV (GPS). (2022, 22 de febrero). *GPS overview*. <https://www.gps.gov/systems/gps/>
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (2023, 8 de mayo). Cámara de Diputados. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Información Estadística de Gobierno*. <https://auditoriadeseguridad-cdeunodc.org/encuesta/problematicas-mas-importantes-en-la-ciudad-inegi-ensu/>
- _____. (2023, 30 de marzo). *Día Internacional de Cero Desechos: La ONU aboga por el cambio hacia una economía circular*. <https://news.un.org/es/story/2023/03/1519822>
- Salvador, D. (s. f.). Residuos sólidos urbanos: un grave problema ambiental. *Ciencia UNAM*. <http://ciencia.unam.mx/contenido/galeria/51/residuos-solidos-urbanos-un-grave-problema-ambiental>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2015). *Residuos*. <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap7.html>
- _____. (2017). *Residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial>
- Telcel. (2021). *CalAmp LMU-330H*. https://lbsva.telcel.com/equipos/fichas/Calamp_LMU330H.pdf

Consulta este y otros títulos dentro del catálogo de Libros UAT del Consejo de Publicaciones en el siguiente enlace:



<https://libros.uat.edu.mx>

 <https://publicaciones.uat.edu.mx>

Equipo editorial

Coordinación: Venancio Vanoye Eligio

Gestión y administración: Jessica Abigail Rodríguez Tinajero, María Teresa Maldonado Sada

Revisión y corrección de estilo: José Luis Énder Velarde García, Jorge Alberto Vázquez Herrera

Diseño y maquetación: Erika González Navarro, Wendy Castillo Cruz, Lorena E. Cortez Rodríguez

Tecnologías para la transformación digital en Tamaulipas
de Adolfo Josué Rodríguez Rodríguez, Jaime Gerardo Malacara Navejar
y María de Lourdes Castillo Carrillo, coordinadores,
publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y
Editorial Fontamara en diciembre de 2025. La revisión y diseño editorial
correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.

La transformación digital en Tamaulipas es una iniciativa impulsada por la academia, gobierno e industria con el objetivo de innovar los procesos administrativos y de gestión organizacional a entornos digitales contribuyendo al desarrollo de los sectores estratégicos y actividades primordiales de la región, como industria automotriz, industria petroquímica, industria de manufactura, agroindustria, turismo, tecnologías de la información, energías renovables y logística.

Este libro presenta diferentes trabajos de investigación orientados al desarrollo de tecnologías para la transformación digital en Tamaulipas en los que participan profesores, investigadores y estudiantes de los programas de ingeniería en Sistemas Computacionales y maestría en Ciencias y Tecnologías Computacionales de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Rodhe, en colaboración con profesores, investigadores y estudiantes de la Facultad de Medicina de Matamoros, la Facultad de Comercio y Administración Victoria, y la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán con el objetivo de generar conocimiento nuevo para el desarrollo de tecnologías innovadoras que puedan ser empleadas al interior de las organizaciones del sector público y privado.

ISBN UAT: 978-607-8888-99-3

ISBN FONTAMARA: 978-968-9729-18-1

ISBN 978-968-9729-18-1

