

# REVISTA ODIGOS

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
Y CIENCIAS EXACTAS

Vol. 5 Num. 2

2024

JUNIO SEPTIEMBRE



Universidad  
Israel

DOAJ  
DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

latindex  
catálogo 2.0



# CONTENIDO

5 Página legal

7 EDITORIAL  
Mg. Renato M. Toasa  
Editor de la Revista ODIGOS

9 Exploración de estrategias avanzadas en computación de alto rendimiento: Un Análisis Integral y Perspectivas Emergentes  
Fabián Lizardo Caicedo Goyes

33 Transformación de un reactor en desuso para su utilización como intercambiador de calor  
Victoria Inés Acuña Ramírez  
José Manuel Barriola Damborenea  
Miguel Manuel Pérez Hernández

53 Revisión de estudios sobre la inteligencia artificial adaptada en la educación  
Miguel Angel Pico Quijije

71 Órtesis de inmovilización para perros: Un enfoque de bajo costo basado en el diseño generativo  
José Miguel Segnini Maizo  
Karen Dayana Imbago Arevalo  
Mary Josefina Vergara Paredes



93

Análisis de los procesos de vinculación con la sociedad en el marco de la educación superior a través de redes complejas; caso de estudio: Universidad Católica de Cuenca

**Santiago Moscoso Bernal**

**Cristina Alexandra Pulla Abad**

**Wilson Rene Minchala Bacuilima**

**Orlando Álvarez Llamosa**

112

NORMAS DE PUBLICACIÓN  
REVISTA ODIGOS

# PÁGINA LEGAL

## EDITOR GENERAL

Mg. Paúl Francisco Baldeón Egas  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

## EDITOR REVISTA ODIGOS

Mg. Renato Mauricio Toasa Guachi  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

## COMITÉ EDITORIAL

PhD. Victor Hugo Andaluz Ortiz  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

PhD. César Leonardo Guevara Gordillo  
Universidad de Lincoln, United Kingdom

PhD. David Raimundo Rivas Lalaleo  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

PhD. José Luis Varela Aldás  
Universidad Tecnológica Indoamerica, Ecuador

PhD(c). John Reyes Vasquez  
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

PhD(c) . Fernando A. Chicaiza  
Universidad Nacional de San Juan, Argentina

PhD(c). Christian Carvajal  
Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

PhD(c). Javier Santiago Vargas Paredes  
Universidad de Chile, Chile

PhD(c) . Santiago Otero-Potosi  
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio, Ecuador

PhD (c). Juan Carlos Muyulema  
Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador

Mtr. Angélica Victoria Guillén Pinargote  
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

MSc. Jorge Saúl Sánchez Mosquera  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

MSc. Nataly Pozo Viera  
Universidad San Francisco de Quito, Ecuador

M.Sc. Flores García Yolanda Graciela  
Universidad Politécnica de Tomsk, Rusia

Mg. Yadira Maricela Semblantes Claudio  
Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE

Mg. Verónica Alexandra Yerovi Arias  
CONENERGY, Ecuador

Mg. Estefanía de las Mercedes Zurita Meza  
Instituto Tecnológico Superior Pelileo, Ecuador

M.Sc. Cristian Mauricio Gallardo Paredes  
Universidad Politécnica de Tomsk, Rusia

Mg. David Omar Guevara Aulestia  
Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

MSc. Juan Pablo Guevara Gordillo  
Universidad Central del Ecuador, Ecuador

Mg. Edgar Fabián Rivera Guzmán  
Instituto Tecnológico Superior Oriente, Ecuador



**GESTIÓN DE LA REVISTA  
ELECTRÓNICA**

**EQUIPO DE ESTILO**

**RESPONSABLE  
PROGRAMADOR**

**RESPONSABLE DE DISEÑO Y  
MAQUETACIÓN**

**PERIODICIDAD DE PUBLICACIÓN - CUATRIMESTRAL**

**ENTIDAD EDITORA**

Mg. Edison Andrés Gómez Reyes  
Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Ecuador  
Mg. David Martínez Villacrés  
Universidad de Guayaquil, Ecuador  
MSc. Francisco Javier Galora Silva  
Universidad Internacional de la Rioja, España  
Mg. Carlos Alberto Gallardo Naula  
SU ELÉCTRICO, Ecuador  
Mg. Xavier Villamil Quinteros  
Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información,  
Ecuador

**Mg. Paúl Francisco Baldeón Egas**  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

**Esp. Andrea Campaña**  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

**Lic. Karla Proaño**  
Independiente, Ecuador

**Ing. Steven Baldeón AhTTY**  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

**Mg. José Alejandro Vergelín Almeida**  
Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

Universidad Tecnológica Israel  
Dirección: Marieta de Veintimilla E4-142 y Pizarro, Quito  
Código postal EC-170522  
editorial@uisrael.edu.ec - Teléfono: (02) 255-5741 ext. 113

# EDITORIAL

Nos complace presentar el número 2, volumen 5 de la Revista ODIGOS, el segundo del año 2024. En esta ocasión se pone a disposición de toda la comunidad científica y académica cinco trabajos científicos que son resultado de investigaciones elaboradas con alta rigurosidad científica y metodológica, y que aportan significativamente a diversas áreas del conocimiento.

Como en todas nuestras publicaciones, los trabajos presentados han pasado por un proceso de selección, arbitraje, corrección y edición, que van en correspondencia con las líneas aprobadas por la Universidad Tecnológica Israel, entidad editora de nuestra revista.

En este contexto, los trabajos presentados son:

“Transformación de un reactor en desuso para su utilización como intercambiador de calor” es el título del primer artículo de esta revista. La investigación revitalizó un reactor inactivo de 25 años incorporando control de procesos automatizado y funciones de intercambiador de calor. Se realizaron reparaciones, evaluaciones y se integraron sensores para análisis de datos, demostrando que la agitación mejora la transferencia de calor. Esto permitió a la Universidad Metropolitana usar el equipo para educación e investigación, generando beneficios financieros.

El segundo trabajo publicado lleva por nombre “Exploración de estrategias avanzadas en computación de alto rendimiento: Un Análisis Integral y Perspectivas Emergentes”. El estudio revisó estrategias avanzadas en Computación de Alto Rendimiento (HPC), destacando desarrollos recientes en hardware, algoritmos y programación paralela. La investigación abordó desafíos actuales como la gestión de grandes datos y la eficiencia energética, explorando también futuras tendencias como la computación cuántica y el aprendizaje automático.

Por otra parte, los autores de “Revisión de estudios sobre la inteligencia artificial adaptada en la educación” investigaron el uso de la inteligencia artificial (IA) en la educación, abarcando desde asistentes virtuales hasta plataformas de aprendizaje personalizadas. Mediante una revisión sistemática de la literatura, se analizaron diversas tecnologías y su impacto, destacando el aprendizaje adaptativo y los desafíos que esta tecnología representa como la brecha digital y las adaptaciones necesarias para los educadores.



En “Órtesis de inmovilización para perros: Un enfoque de bajo costo basado en el diseño generativo”, se presentó el diseño y fabricación de una órtesis de inmovilización para perros con problemas de movilidad, destacando su comodidad, funcionalidad, asepsia y bajo costo. Se utilizaron simulaciones CAD-CAE para desarrollar un modelo 3D que replica la anatomía de la extremidad afectada, logrando una mejor distribución de cargas. Los resultados demostraron la viabilidad de crear una órtesis que inmoviliza eficazmente la extremidad del animal.

Finalmente, el trabajo “Análisis de los procesos de vinculación con la sociedad en el marco de la educación superior a través de redes complejas; caso de estudio: Universidad Católica de Cuenca”, analizó los procesos de vinculación con la sociedad en la Universidad Católica de Cuenca, relacionándolos con los estándares de calidad del CACES. Utilizando enfoques cualitativos y cuantitativos, la investigación desglosó los procesos de la institución y construyó redes complejas para entender su dinámica y efectividad. Se identificaron los procesos críticos y se concluyó que el uso de redes complejas mejora la toma de decisiones y la calidad en las universidades.

El impacto de estas investigaciones, dentro de la comunidad científica, permitirá replantear modelos y herramientas para generar propuestas de intervención que contribuyan con la solución de problemas existentes en la sociedad relacionados con los temas aquí tratados.

De esta manera, dejamos a disposición de los lectores este material de transferencia y difusión del conocimiento.

**Mg. Renato M. Toasa**  
**Editor de la Revista ODIGOS**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2138-300X>

# Exploración de estrategias avanzadas en computación de alto rendimiento: Un Análisis Integral y Perspectivas Emergentes

## *Exploring Advanced Strategies in High Performance Computing: A Comprehensive Analysis and Emerging Perspectives*

Fecha de recepción: 2024-01-10 Fecha de aceptación: 2024-04-09 Fecha de publicación: 2024-06-10

**Fabián Lizardo Caicedo Goyes**

Universidad Técnica Luis Vargas Torres, Ecuador

[fabian.caicedo.goyes@utelvt.edu.ec](mailto:fabian.caicedo.goyes@utelvt.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-5572-6309>

### RESUMEN

El presente estudio, se centró en la investigación exhaustiva de las estrategias avanzadas en el campo de la Computación de Alto Rendimiento (HPC). La creciente demanda de potencia de cálculo para abordar problemas complejos en ciencia, ingeniería y tecnología ha impulsado la necesidad de estrategias innovadoras y eficientes en este dominio.

El artículo presenta una revisión exhaustiva de la literatura existente, destacando los desarrollos recientes en arquitecturas de hardware, algoritmos optimizados y técnicas de programación paralela. Se examinaron casos de estudio representativos para ilustrar la implementación práctica de estas estrategias en aplicaciones del mundo real.

El análisis integral abordó desafíos actuales y emergentes en HPC, incluyendo la gestión de grandes conjuntos de datos, la eficiencia energética y la adaptación a arquitecturas heterogéneas. Además,

se exploraron perspectivas futuras, como la computación cuántica y el aprendizaje automático aplicado a problemas de alto rendimiento.

Este estudio contribuyó a la comprensión actualizada de las estrategias en HPC, proporcionando a los investigadores y profesionales una visión holística de las tendencias emergentes y las posibles direcciones futuras en este campo crucial para el avance científico y tecnológico.

**PALABRAS CLAVE:** Computación de Alto Rendimiento (HPC), Programación Paralela, Arquitecturas Heterogéneas, Computación Cuántica, Aprendizaje Automático, Perspectivas Emergentes

## ABSTRACT

The present study focuses on the comprehensive investigation of advanced strategies in the field of High Performance Computing (HPC). The increasing demand for computing power to address complex problems in science, engineering and technology has driven the need for innovative and efficient strategies in this domain.

The article presents a comprehensive review of the existing literature, highlighting recent developments in hardware architectures, optimized algorithms, and parallel programming techniques. Representative case studies examined to illustrate the practical implementation of these strategies in real-world applications.

Comprehensive analysis addresses current and emerging challenges in HPC, including managing large data sets, energy efficiency, and adapting to heterogeneous architectures. Additionally, future perspectives explored, such as quantum computing and machine learning applied to high-performance problems.

This study contributes to the updated understanding of strategies in HPC, providing researchers and practitioners with a holistic view of emerging trends and possible future directions in this crucial field for scientific and technological advancement.

**KEYWORDS:** High Performance Computing (HPC), Parallel Programming, Heterogeneous Architectures, Quantum Computing, Machine Learning, Emerging Perspectives

## Introducción

En la última década, la Computación de Alto Rendimiento (HPC) ha experimentado un crecimiento exponencial, convirtiéndose en un pilar fundamental para abordar desafíos científicos y tecnológicos de envergadura. La creciente complejidad de los problemas a resolver, que abarcan desde simulaciones climáticas hasta análisis de Big Data en biología molecular, ha impulsado la necesidad de estrategias avanzadas y eficientes en el ámbito de HPC. Este artículo se propuso explorar y analizar de manera integral dichas estrategias, proporcionando una visión detallada de los desarrollos actuales y vislumbrando perspectivas emergentes en este campo dinámico y crucial.

La base de este análisis se fundamentó en la evolución constante de las arquitecturas de hardware empleadas en entornos HPC. Investigaciones recientes han revelado innovaciones que van más allá de simplemente aumentar la velocidad de cálculo, centrándose en la eficiencia energética, la paralelización efectiva y la adaptabilidad a tareas específicas (Dongarra et al., 2011). Estas innovaciones no solo buscan superar las limitaciones tecnológicas actuales, sino también anticipar y abordar los desafíos que surgirán con el continuo avance científico.

Paralelamente, este análisis abordó de manera crítica los algoritmos optimizados y las técnicas de programación paralela que han surgido como elementos esenciales para la optimización del rendimiento computacional. La paralelización efectiva de algoritmos ha sido fundamental para aprovechar al máximo las arquitecturas de hardware modernas y garantizar un rendimiento óptimo en tareas intensivas computacionalmente (Jamshed, 2015).

No obstante, la computación de alto rendimiento no está exenta de desafíos. La gestión eficiente de grandes conjuntos de datos se ha convertido en una preocupación central. La explosión de datos en diversas disciplinas científicas ha creado la necesidad de estrategias innovadoras de almacenamiento y procesamiento que permitan un acceso rápido y una manipulación eficiente de grandes volúmenes de información. Además, la eficiencia energética se ha vuelto una preocupación crítica en entornos HPC. Con la creciente conciencia ambiental, la optimización de los recursos energéticos se ha convertido en un objetivo clave. Como subrayan Dongarra et al. (2018), el diseño de arquitecturas de hardware y la implementación de algoritmos deben considerar no solo el rendimiento, sino también la eficiencia energética para abordar los desafíos de sostenibilidad.

Este artículo no solo se enfocó en los desafíos actuales, sino que también ha proyectado una mirada hacia el futuro. La computación cuántica, con su capacidad para realizar cálculos a una escala que desafía la comprensión clásica, se ha presentado como una perspectiva fascinante. Además, la integración de técnicas de aprendizaje automático en el ámbito de HPC abre nuevas posibilidades para abordar problemas complejos y desconocidos. En conjunto, esta investigación ha pretendido proporcionar una visión completa y actualizada de las estrategias avanzadas en HPC. Al servir como guía para investigadores, profesionales y académicos, este análisis buscó contribuir al continuo desarrollo de la computación de alto rendimiento en un panorama científico y tecnológico en constante evolución.

## 1.1 Estrategias Avanzadas en HPC

Las estrategias avanzadas de Informática de Alto Rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés) se refieren a enfoques y técnicas especializadas que van más allá de los métodos convencionales en la implementación y optimización de aplicaciones para sistemas de computación de alto rendimiento. Estas estrategias buscan aprovechar al máximo los recursos disponibles para ejecutar aplicaciones de manera eficiente y rápida en entornos de HPC (Dongarra et al., 2011).

Las estrategias avanzadas en HPC se pueden dividir en dos categorías principales:

- **Estrategias de escalabilidad:** buscan mejorar el rendimiento de los sistemas HPC al aumentar su escala. Esto se puede lograr mediante la adición de más recursos computacionales, como procesadores, memoria y almacenamiento (Sanders y Kandrot, 2010).
- **Estrategias de eficiencia:** buscan mejorar el rendimiento de los sistemas HPC al optimizar el uso de los recursos computacionales. Esto se puede lograr mediante el desarrollo de nuevos algoritmos y técnicas de programación (Chapman et al., 2007).

## 1.2 Análisis Integral y Perspectivas emergentes

La computación de alto rendimiento (HPC) es un campo en rápida evolución que se centra en el desarrollo de sistemas informáticos que pueden resolver problemas complejos y exigentes. En los últimos años, se han hecho avances significativos en el campo de la HPC, lo que ha llevado a un aumento del rendimiento de los sistemas HPC. Sin embargo, aún existen desafíos que deben abordarse para seguir avanzando en el campo de la HPC. Uno de los principales desafíos ha sido la necesidad de desarrollar nuevas estrategias de HPC que puedan superar los límites actuales de rendimiento.

Este estudio proporcionó una visión integral de las estrategias avanzadas en HPC. El estudio se centró en los siguientes aspectos:

- Un análisis de las estrategias avanzadas de HPC existentes.
- Una evaluación de los desafíos y oportunidades asociados con las estrategias avanzadas de HPC.
- Una discusión de las perspectivas emergentes en el campo de las estrategias avanzadas de HPC.

A continuación, se proporcionó un breve resumen de los principales hallazgos del estudio.

## 1.3 Principales hallazgos

El estudio encontró que existen una serie de estrategias avanzadas de HPC que tienen el potencial de superar los límites actuales de rendimiento. Estas estrategias incluyen:

- **Computación cuántica:** esta tiene el potencial de proporcionar un aumento exponencial en el rendimiento de los sistemas HPC. Sin embargo, la computación cuántica aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo.
- **Computación neuromórfica:** se basa en el diseño de sistemas informáticos que se inspiran en el cerebro humano. La computación neuromórfica tiene el potencial de proporcionar un rendimiento eficiente para tareas que son difíciles de resolver con los sistemas informáticos tradicionales.
- **Computación en la nube:** proporciona una plataforma escalable y flexible para la ejecución de aplicaciones HPC. La computación en la nube tiene el potencial de reducir los costos y mejorar la eficiencia de los sistemas HPC.
- **Computación paralela y distribuida:** permite que los problemas se resuelvan dividiendo la carga de trabajo entre múltiples procesadores. La computación paralela y distribuida es una estrategia fundamental en HPC y continúa evolucionando a medida que se desarrollan nuevas tecnologías.

El estudio también encontró que existen una serie de desafíos y oportunidades asociados con las estrategias avanzadas de HPC. Los desafíos incluyen:

- La complejidad: las estrategias avanzadas de HPC son complejas y requieren un alto nivel de especialización.
- La escalabilidad: las estrategias avanzadas de HPC deben ser escalables para poder manejar problemas cada vez más grandes.
- La seguridad: las estrategias avanzadas de HPC plantean nuevos desafíos de seguridad.

Las oportunidades incluyen:

- El potencial de nuevos avances: las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de conducir a nuevos avances en una amplia gama de áreas, como la ciencia, la ingeniería y la medicina.
- La mejora de la eficiencia: las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de mejorar la eficiencia de los sistemas, lo que puede conducir a ahorros de costos.

#### 1.4 Perspectivas emergentes

El estudio encontró que hay una serie de perspectivas emergentes en el campo de las estrategias avanzadas de HPC.

Estas perspectivas incluyen:

- La integración de estrategias: es probable que se produzca una integración de las diferentes estrategias avanzadas de HPC. Por ejemplo, la computación cuántica podría utilizarse para acelerar las tareas que son difíciles de resolver con la computación neuromórfica.

- La computación afectiva: esta se centra en el desarrollo de sistemas informáticos que pueden comprender y responder a las emociones humanas. La computación afectiva tiene el potencial de mejorar la interacción entre los humanos y los sistemas informáticos.
- La computación consciente: se basa en el desarrollo de sistemas informáticos que pueden ser conscientes de sí mismos. La computación consciente es un campo emergente que tiene el potencial de revolucionar la forma en que interactuamos con los sistemas informáticos.

## Metodología

La presente investigación se basó en una revisión bibliográfica de los últimos estudios sobre estrategias avanzadas en HPC. Los estudios seleccionados se analizaron utilizando las siguientes categorías:

- Conceptos
- Funcionamiento
- Utilidad
- Ventajas
- Desventajas

### 2.1 Análisis Integral de las estrategias Avanzadas en HPC

#### 2.1.1 Estrategias de escalabilidad

##### Computación Paralela

La computación paralela se refiere a la técnica de dividir una tarea computacional en partes más pequeñas y ejecutar esas partes simultáneamente en múltiples procesadores o núcleos. El objetivo es mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de ejecución de la tarea general al realizar operaciones concurrentes (Quinn, 1994).

La estrategia divide las tareas en subprocesos o procesos paralelos que pueden ejecutarse simultáneamente en varios nodos o núcleos de CPU. Esto incluye tanto la paralelización de datos como la paralelización de tareas tal como se puede ver más adelante en la *Figura 1*.

##### Funcionamiento

A continuación, se ha detallado cómo es el funcionamiento de la paralelización:

- Descomposición de Tareas: la tarea se descompone en sub-tareas independientes que pueden ejecutarse en paralelo.

- **Asignación de Tareas:** las sub-tareas se asignan a procesadores o núcleos para su ejecución simultánea.
- **Ejecución Concurrente:** las sub-tareas se ejecutan de manera simultánea, acelerando el tiempo total de procesamiento.
- **Sincronización (si es necesario):** si las sub-tareas dependen entre sí, se utilizan mecanismos de sincronización para coordinar su ejecución.

### **Utilidad**

- **Mejora de Rendimiento:** permite realizar cálculos complejos más rápidamente al distribuir la carga de trabajo.
- **Manejo de Grandes Volúmenes de Datos:** facilita el procesamiento eficiente de grandes conjuntos de datos al dividirlos en partes manejables.
- **Simulaciones Más Rápidas:** en campos como la simulación científica, la paralelización acelera la obtención de resultados.
- **Aplicaciones en Tiempo Real:** en entornos como la inteligencia artificial y los videojuegos, permite respuestas en tiempo real al dividir tareas intensivas en cómputo (McCool y Reinders, 2018).

### **Ventajas**

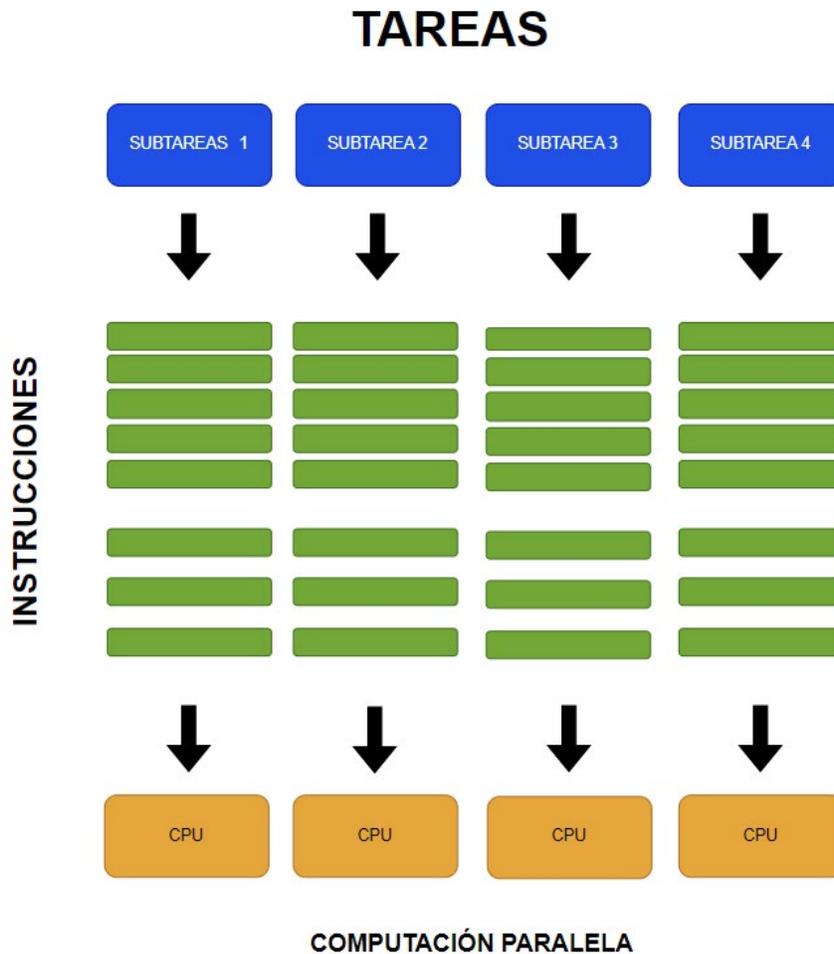
- **Rendimiento Mejorado:** reduce el tiempo de ejecución y mejora el rendimiento general de las aplicaciones.
- **Escalabilidad:** facilita la adaptación a sistemas de mayor escala para abordar problemas más complejos.
- **Eficiencia Energética:** permite distribuir la carga de trabajo, evitando la sobrecarga en un solo procesador y mejorando la eficiencia energética.

### **Desventajas y Consideraciones**

- **Complejidad del Código:** implementar paralelización puede aumentar la complejidad del código y la dificultad de depuración.
- **Overhead de Comunicación:** la comunicación entre tareas paralelas puede generar un overhead, especialmente en sistemas distribuidos.
- **Dependencia de Tareas:** algunas tareas pueden depender de otras, lo que requiere estrategias de sincronización y puede limitar la eficiencia.

**Figura 1**

*Segmentación de las Tareas en el Cómputo Paralelo.*



### Escalabilidad Dinámica

Adapta la escala de la infraestructura según la carga de trabajo en tiempo real, permitiendo la asignación dinámica de recursos.

La escalabilidad dinámica es la capacidad de un sistema para ajustar su capacidad de procesamiento para satisfacer las necesidades cambiantes de la carga de trabajo. Esto se logra agregando o eliminando recursos como servidores, memoria o almacenamiento, de manera flexible y automática (García, 2023).

La escalabilidad dinámica se basa en la idea de que los recursos de un sistema no deben estar asignados de forma permanente. En cambio, deben poder asignarse y reasignarse según sea necesario para satisfacer las necesidades cambiantes de la carga de trabajo. Hay dos tipos principales de escalabilidad dinámica:

- Escalabilidad horizontal: esta se logra agregando o eliminando servidores del sistema.
- Escalabilidad vertical: se logra agregando o eliminando recursos a los servidores existentes, como memoria o almacenamiento.

## Funcionamiento

La escalabilidad dinámica se logra mediante el uso de software que automatiza el proceso de agregar o eliminar recursos. Este software suele basarse en algoritmos que monitorean la carga de trabajo del sistema y determinan cuándo es necesario realizar cambios.

## Utilidad

La escalabilidad dinámica se puede aplicar a una amplia gama de sistemas, incluidos los sistemas web, las aplicaciones empresariales y las bases de datos.

La escalabilidad dinámica tiene una serie de consideraciones y desafíos que deben abordarse. Una de las principales consideraciones es el costo de agregar o eliminar recursos. Otro desafío es la necesidad de garantizar que el sistema sea confiable y seguro durante el proceso de escalado.

## Ventajas

La escalabilidad dinámica ofrece una serie de ventajas, incluidas:

- La capacidad de satisfacer las necesidades cambiantes de la carga de trabajo. Esta permite a los sistemas aumentar o disminuir su capacidad de procesamiento según sea necesario lo cual ayuda a garantizar que los sistemas puedan manejar incluso los picos de tráfico inesperados.
- La escalabilidad dinámica puede ayudar a mejorar la eficiencia de los sistemas al evitar la necesidad de asignar recursos de forma permanente.
- La escalabilidad dinámica permite a los sistemas ser flexibles y adaptarse a cambios inesperados en las necesidades del negocio.

## Desventajas

La escalabilidad dinámica también tiene algunas desventajas, incluidas:

- El costo: la escalabilidad dinámica puede ser costosa, ya que requiere la capacidad de agregar o eliminar recursos de manera flexible y automática.
- La complejidad: su implementación y administración puede ser compleja.
- La seguridad: puede presentar desafíos de seguridad ya que los sistemas deben poder agregar o eliminar recursos de forma segura.

## Escalabilidad Horizontal

La escalabilidad horizontal en la Computación de Alto Rendimiento (HPC) se refiere a la capacidad de aumentar la capacidad de cómputo mediante la adición de más nodos o sistemas a una infraestructura existente, tal como se puede observar en la *Figura 2*. En lugar de mejorar la capacidad de los nodos individuales, la escalabilidad horizontal se ha centrado en la expansión del clúster o conjunto de sistemas de manera que la carga de trabajo se distribuye entre múltiples unidades de procesamiento (Tanenbaum y Van Steen, 2018). Esta es una estrategia eficaz para aplicaciones que pueden dividirse fácilmente en tareas independientes que se ejecutan en paralelo.

La paralelización en computación se refiere a la técnica de dividir una tarea computacional en partes más pequeñas y ejecutar esas partes simultáneamente en múltiples procesadores o núcleos. El objetivo es mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de ejecución de la tarea general al realizar operaciones concurrentes (Gropp et al., 1999).

### Funcionamiento

- **Añadir Nodos:** se incrementa la capacidad de cómputo añadiendo nuevos nodos al clúster HPC.
- **Distribución de carga:** la carga de trabajo se distribuye entre los nodos, dividiendo tareas para ejecutarse simultáneamente.
- **Coordinación y Comunicación:** se utiliza coordinación y comunicación eficientes entre nodos para asegurar que las tareas se ejecuten de manera sincronizada si es necesario.
- **Balance de carga dinámico:** en entornos dinámicos, se implementa un balance de carga que ajusta la distribución de tareas para optimizar la eficiencia (Sterling et al., 2018).

### Ventajas

- **Elasticidad:** permite una fácil adaptación a cambios en la demanda mediante la adición o eliminación de nodos.
- **Mejora del Rendimiento:** proporciona un aumento lineal en la capacidad de cómputo al agregar nodos.
- **Costos Controlados:** escalar horizontalmente con nodos menos costosos puede ser más rentable que invertir en nodos más potentes (McCool y Reinders, 2018).

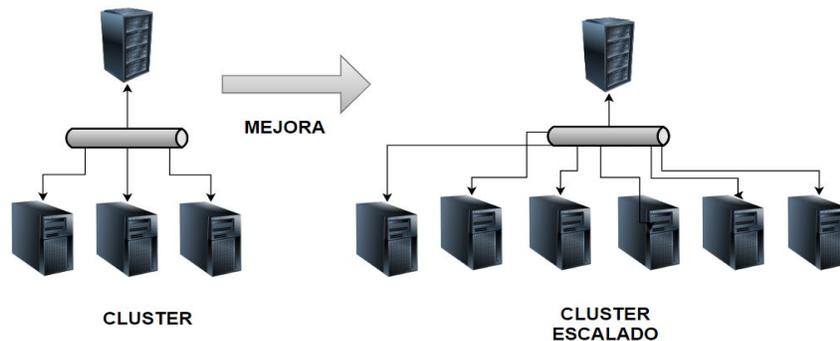
### Desventajas

- **Overhead de Comunicación:** la comunicación entre nodos puede generar overhead y afectar el rendimiento.
- **Complejidad de Administración:** a medida que el número de nodos crece, la administración y coordinación pueden volverse más complejas.

- **Escalabilidad Limitada:** algunas aplicaciones pueden experimentar disminuciones en la eficiencia a medida que se agregan más nodos.

**Figura 2**

*Escalabilidad Horizontal a través del Aumento de más Servidores.*



## Escalabilidad Vertical

Tal como se observa en la *Figura 3*, la escalabilidad vertical se refiere a la capacidad de mejorar el rendimiento y la capacidad de cómputo de un sistema al aumentar los recursos de hardware de una sola máquina, como agregar más CPU, memoria RAM o unidades de procesamiento gráfico (GPU), en lugar de aumentar el número de máquinas en un clúster (McCool y Reinders, 2018). Esta estrategia mejora el rendimiento, aumentando la capacidad de los nodos individuales. Esto puede lograrse mediante la adición de CPU más potentes, memoria adicional o la utilización de aceleradores como GPUs.

## Funcionamiento

- **Aumento de Recursos en una Máquina:** se incrementa la capacidad de cómputo mejorando los componentes de hardware de una máquina, como CPU, RAM o GPU.
- **Aplicación de Carga de Trabajo:** la máquina mejorada puede manejar una carga de trabajo más intensiva debido a sus recursos adicionales (Silberschatz et al., 2018).

## Utilidad

- **Bases de Datos de Alto Rendimiento:** escalar verticalmente puede mejorar el rendimiento de bases de datos al proporcionar más recursos a un servidor central.
- **Servidores de Aplicaciones Empresariales:** las aplicaciones empresariales pueden beneficiarse al escalar verticalmente para manejar mayores cargas de usuarios concurrentes.
- **Máquinas Virtuales:** en entornos de virtualización, la escalabilidad vertical permite asignar más recursos a máquinas virtuales específicas (Barroso et al., 2022).

## Consideraciones y Desafíos

- Límites Físicos: existe un límite en la capacidad de escalabilidad vertical, determinado por las limitaciones físicas de los componentes de hardware.
- Costos Potenciales: el escalado vertical puede volverse costoso a medida que se invierte en hardware más potente.
- Paradas de Servicio: escalar verticalmente a menudo requiere detener el sistema para agregar o cambiar componentes, lo que puede resultar en tiempos de inactividad.

## Ventajas

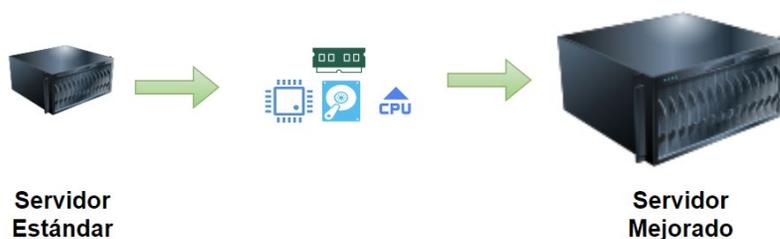
- Simplicidad de Administración: Escalar verticalmente puede ser más simple desde el punto de vista administrativo, ya que involucra menos hardware para gestionar.
- Mejora del Rendimiento Individual: Cada instancia individual se beneficia de un aumento directo en recursos, lo que puede ser beneficioso para aplicaciones que requieren mucha potencia de procesamiento.

## Desventajas

- Límites de Escalabilidad: existe un límite físico en la cantidad de recursos que se pueden agregar a una máquina, lo que limita la escalabilidad.
- Riesgo de SPOF (Punto Único de Fallo): si la máquina mejorada falla, puede resultar en un tiempo de inactividad significativo ya que todos los servicios dependen de esa única instancia mejorada.

**Figura 3**

*Representación Gráfica de Escalamiento Vertical a través del Aumento de más Capacidades al Mismo Servidor.*



## Particionamiento de Datos

El particionamiento de datos es una estrategia en la que conjuntos de datos se dividen en fragmentos más pequeños para distribuirlos entre múltiples nodos o unidades de procesamiento como se observa en la *Figura 4*. Esta técnica es comúnmente utilizada en sistemas distribuidos

para mejorar la eficiencia en el procesamiento de grandes volúmenes de datos (Tanenbaum y Van Steen, 2018). La estrategia distribuye grandes conjuntos de datos entre nodos para reducir la carga en cada nodo individual y facilitar la ejecución paralela.

### **Funcionamiento**

- **División de Conjuntos de Datos:** los conjuntos de datos se dividen en particiones más pequeñas.
- **Distribución entre Nodos:** cada partición se asigna a un nodo o unidad de procesamiento.
- **Procesamiento Simultáneo:** las particiones se procesan de manera simultánea en cada nodo.
- **Resultados Consolidados:** los resultados se consolidan al finalizar el procesamiento de las particiones.

### **Utilidad**

- **Bases de Datos Distribuidas:** en entornos de bases de datos distribuidas, el particionamiento de datos permite distribuir la carga de trabajo entre nodos.
- **Procesamiento Paralelo:** en sistemas de computación de alto rendimiento, se utiliza para ejecutar operaciones paralelas en grandes conjuntos de datos.
- **Análisis de Grandes Conjuntos de Datos:** en análisis de datos masivos, facilita la manipulación de grandes volúmenes de información de manera eficiente.

### **Consideraciones y Desafíos**

- **Comunicación Eficiente:** se debe garantizar una comunicación eficiente entre nodos para coordinar el procesamiento de datos.
- **Distribución Equitativa:** la distribución de datos entre nodos debe ser equitativa para evitar desequilibrios en la carga de trabajo.
- **Tamaño Óptimo de Partición:** determinar el tamaño óptimo de las particiones es crucial para maximizar la eficiencia y minimizar la sobrecarga de comunicación.

### **Ventajas**

- **Paralelismo Eficiente:** permite el procesamiento paralelo, mejorando la eficiencia en comparación con un enfoque secuencial.
- **Manejo de Grandes Volúmenes de Datos:** facilita el manejo eficiente de grandes conjuntos de datos al distribuir la carga entre nodos.

## Desventajas

- Overhead de Comunicación: la comunicación entre nodos puede generar overhead, especialmente en entornos distribuidos.
- Complejidad de Implementación: la implementación efectiva del particionamiento de datos puede ser compleja y requerir un diseño cuidadoso.

Figura 4

Ejemplo de Particionamiento de Datos desde Tablas de una Base de Datos.

Orders table Not Clustered; Not partitioned			Orders table Clustered by Country; Not partitioned			Orders table Clustered by Country; Partitioned by Order_Date (Daily)		
Order_Date	Country	Status	Order_Date	Country	Status	Order_Date	Country	Status
2022-08-02	US	Shipped	2022-08-04	JP	Shipped	2022-08-02	KE	Shipped
2022-08-04	JP	Shipped	2022-08-04	JP	Processing	2022-08-02	KE	Canceled
2022-08-05	UK	Canceled	2022-08-05	JP	Canceled	2022-08-02	UK	Processing
2022-08-06	KE	Shipped	2022-08-06	JP	Processing	2022-08-02	US	Shipped
2022-08-02	KE	Canceled	2022-08-06	KE	Shipped	2022-08-04	JP	Processing
2022-08-05	US	Processing	2022-08-02	KE	Canceled	2022-08-04	JP	Shipped
2022-08-04	JP	Processing	2022-08-04	KE	Shipped	2022-08-04	KE	Shipped
2022-08-04	KE	Shipped	2022-08-02	KE	Shipped	2022-08-04	US	Shipped
2022-08-06	UK	Canceled	2022-08-05	UK	Processing	2022-08-05	JP	Canceled
2022-08-02	UK	Processing	2022-08-06	UK	Canceled	2022-08-05	UK	Canceled
2022-08-05	JP	Canceled	2022-08-02	UK	Canceled	2022-08-05	US	Shipped
2022-08-06	UK	Processing	2022-08-06	UK	Processing	2022-08-05	US	Processing
2022-08-05	US	Shipped	2022-08-02	US	Shipped	2022-08-06	JP	Processing
2022-08-06	JP	Processing	2022-08-05	US	Processing	2022-08-06	KE	Shipped
2022-08-02	KE	Shipped	2022-08-05	US	Shipped	2022-08-06	UK	Canceled
2022-08-04	US	Shipped	2022-08-04	US	Shipped	2022-08-06	UK	Processing

## Modelos de Programación Paralela

Un modelo de programación paralela es un enfoque que permite a los desarrolladores escribir programas que pueden ejecutarse simultáneamente en múltiples procesadores o núcleos. Este enfoque es esencial para aprovechar al máximo los sistemas de computación de alto rendimiento y mejorar la eficiencia en la ejecución de tareas (Grama et al., 2003). Se utilizan modelos de programación paralela como OpenMP, MPI (Message Passing Interface) o CUDA (para GPUs) para coordinar la ejecución simultánea de tareas (Pacheco, 2011).

## Funcionamiento

- División de Tareas: las tareas se dividen en partes más pequeñas que pueden ejecutarse en paralelo como se ve en la Figura 5.
- Asignación de Recursos: se asignan recursos de manera eficiente a cada tarea paralela.
- Coordinación y Sincronización: estrategias para coordinar y sincronizar la ejecución de tareas paralelas.
- Resultados Consolidados: se consolidan los resultados de las tareas paralelas al finalizar la ejecución.

## Utilidad

- Simulaciones Científicas: modelos de programación paralela se utilizan en simulaciones científicas para acelerar el procesamiento.
- Procesamiento de Datos Masivos: en análisis de grandes conjuntos de datos, facilita el procesamiento simultáneo.
- Renderizado Gráfico: en aplicaciones gráficas y de renderizado, permite la ejecución eficiente de operaciones intensivas en cómputo.

## Consideraciones y Desafíos

- Divisibilidad de Tareas: es necesario identificar tareas que puedan dividirse y ejecutarse en paralelo.
- Sincronización: implementar mecanismos eficientes de sincronización para evitar conflictos.
- Escalabilidad: la escalabilidad del modelo debe ser considerada para adaptarse a diferentes tamaños de problemas.

## Ventajas

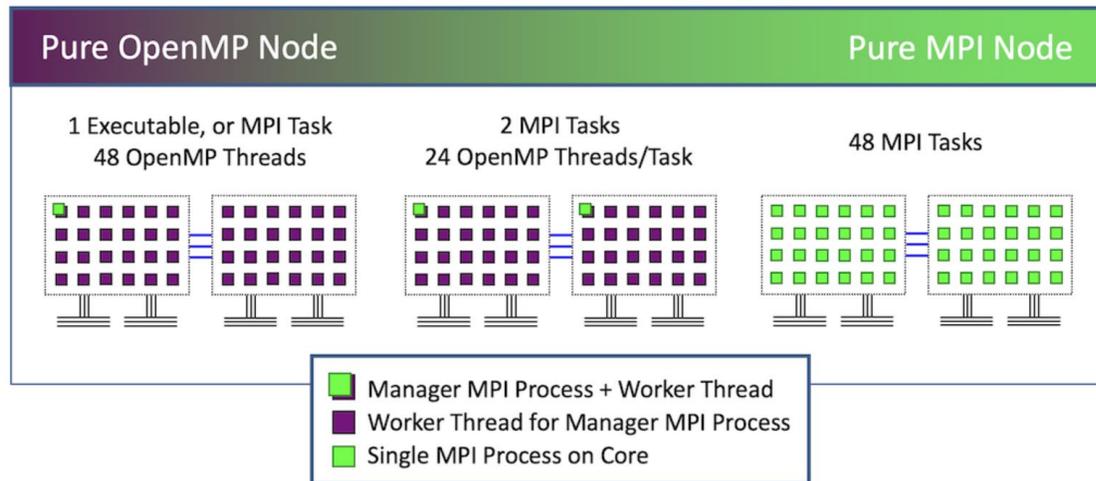
- Rendimiento Mejorado: permite un aumento significativo en el rendimiento al ejecutar tareas simultáneamente.
- Aprovechamiento de Recursos: utiliza eficientemente los recursos de hardware disponibles para acelerar el procesamiento.

## Desventajas

- Complejidad de Implementación: la programación paralela puede ser más compleja y requerir un diseño cuidadoso.
- Posibles Problemas de Sincronización: la sincronización incorrecta puede conducir a errores difíciles de identificar y corregir.

**Figura 5**

*Segmentación de Nodos en la Programación Paralela.*



## Cómputo en la Nube

El cómputo en la nube, también conocido como computación en la nube o cloud computing, es un modelo de servicio en el que los recursos informáticos como servidores, almacenamiento, redes y aplicaciones se proporcionan a los usuarios a través de Internet (Mahmood et al., 2013).

El cómputo en la nube se basa en la idea de que los recursos informáticos no deben estar alojados en las instalaciones del usuario. En cambio, deben poder accederse desde cualquier lugar con una conexión a Internet.

Hay tres tipos principales de servicios en la nube:

- Infraestructura como servicio (IaaS): proporciona a los usuarios acceso a infraestructura informática como servidores, almacenamiento y redes.
- Plataforma como servicio (PaaS): proporciona a los usuarios una plataforma para desarrollar y ejecutar aplicaciones.
- Software como servicio (SaaS): proporciona a los usuarios acceso a aplicaciones que se ejecutan en la nube.

## Funcionamiento

El funcionamiento del cómputo en la nube se basa en la utilización de centros de datos que alojan los recursos informáticos. Estos centros de datos se encuentran distribuidos por todo el mundo, lo que permite a los usuarios acceder a los recursos que necesitan desde cualquier lugar.

Los recursos informáticos en la nube se proporcionan a los usuarios a través de una interfaz de programación de aplicaciones (API). Las API permiten a los usuarios interactuar con los recursos de la nube de forma sencilla y eficiente.

## Utilidad

El cómputo en la nube se puede aplicar a una amplia gama de aplicaciones, incluidas:

- Aplicaciones empresariales: el cómputo en la nube se puede utilizar para alojar aplicaciones empresariales como sistemas de gestión de relaciones con los clientes (CRM), sistemas de gestión de inventario (WMS) y sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP).
- Aplicaciones web: el cómputo en la nube se puede utilizar para alojar aplicaciones web como sitios web, blogs y aplicaciones móviles.
- Aplicaciones de almacenamiento: el cómputo en la nube se puede utilizar para proporcionar almacenamiento de datos a los usuarios.

## Consideraciones y desafíos

El cómputo en la nube tiene una serie de consideraciones y desafíos que deben abordarse. Una de las principales consideraciones es la seguridad de los datos pues los usuarios deben asegurarse de que sus datos estén seguros en la nube. Otro desafío es la privacidad de los datos.

## Ventajas

El cómputo en la nube ofrece una serie de ventajas, incluidas:

- Escalabilidad: el cómputo en la nube permite a los usuarios escalar sus recursos informáticos según sea necesario.
- Eficiencia: el cómputo en la nube puede ayudar a mejorar la eficiencia de los usuarios al evitar la necesidad de comprar y administrar su propia infraestructura informática.
- Flexibilidad: el cómputo en la nube permite a los usuarios acceder a los recursos informáticos que necesitan desde cualquier lugar.

## Desventajas

El cómputo en la nube también tiene algunas desventajas, incluidas:

- El costo: los usuarios deben pagar por los recursos que utilizan.
- La complejidad: puede resultar complejo de implementar y administrar.
- La seguridad: se pueden presentar desafíos de seguridad, ya que los datos de los usuarios se almacenan en servidores externos.

## 1.1.2 Estrategias de Eficiencia

### Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) es una estrategia de eficiencia emergente en HPC. La IA puede utilizarse para optimizar el uso de los recursos computacionales en los sistemas HPC. Esto puede mejorar el rendimiento de los sistemas HPC, ya que permite reducir el consumo de recursos.

### 1.1.3 Perspectivas Emergentes

Las perspectivas emergentes de las estrategias avanzadas en HPC son prometedoras. Se espera que estas estrategias sigan evolucionando en los próximos años, lo que permitirá mejorar aún más el rendimiento de los sistemas HPC.

Algunas de las perspectivas emergentes más interesantes incluyen:

- **Computación Cuántica: Más Allá de los Límites Clásicos**

La computación cuántica emerge como una perspectiva revolucionaria en HPC. Este segmento detalla avances recientes en la investigación cuántica, examina aplicaciones potenciales en simulaciones complejas y destaca desafíos actuales en la construcción de computadoras cuánticas prácticas.

- **Integración de Aprendizaje Automático: Potenciando la Toma de Decisiones en Tiempo Real**

La sinergia entre HPC y técnicas de aprendizaje automático abre nuevas fronteras. Este segmento analiza cómo los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser implementados en entornos HPC para optimizar tareas como el procesamiento de grandes conjuntos de datos y la toma de decisiones en tiempo real.

- **Arquitecturas Heterogéneas: Maximizando la Eficiencia Energética**

La eficiencia energética se posiciona como una preocupación central. Este apartado examina cómo las arquitecturas heterogéneas, combinando CPU, GPU y aceleradores especializados, ofrecen soluciones prometedoras para abordar los retos de sostenibilidad en HPC.

- **HPC en la Nube: Escalabilidad y Acceso Ubicuo**

El paradigma de HPC en la nube emerge como una perspectiva atractiva. Este segmento explora cómo la computación de alto rendimiento puede ser escalada y compartida de manera eficiente en entornos en la nube, facilitando el acceso universal y democratizando la potencia computacional.

## Resultados

El estudio encontró que existen una serie de estrategias avanzadas de HPC que tienen el potencial de superar los límites actuales de rendimiento. Estas estrategias incluyeron:

- Computación cuántica: tiene el potencial de proporcionar un aumento exponencial en el rendimiento de los sistemas HPC. Sin embargo, la computación cuántica aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo.
- Computación neuromórfica: se basa en el diseño de sistemas informáticos que se inspiran en el cerebro humano. La computación neuromórfica tiene el potencial de proporcionar un rendimiento eficiente para tareas que son difíciles de resolver con los sistemas informáticos tradicionales.
- Computación en la nube: proporciona una plataforma escalable y flexible para la ejecución de aplicaciones HPC. La computación en la nube tiene el potencial de reducir los costos y mejorar la eficiencia de los sistemas HPC.
- Computación paralela y distribuida: permite que los problemas se resuelvan dividiendo la carga de trabajo entre múltiples procesadores. La computación paralela y distribuida es una estrategia fundamental en HPC y continúa evolucionando a medida que se desarrollan nuevas tecnologías.

El estudio también encontró que existen una serie de desafíos y oportunidades asociados con las estrategias avanzadas de HPC. Los desafíos encontrados fueron:

- Las estrategias avanzadas de HPC son complejas y requieren un alto nivel de especialización.
- Las estrategias avanzadas de HPC deben ser escalables para poder manejar problemas cada vez más grandes.
- Las estrategias avanzadas de HPC plantean nuevos desafíos de seguridad.

Por otro lado, también se encontraron oportunidades:

- El potencial de nuevos avances: las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de conducir a nuevos avances en una amplia gama de áreas como la ciencia, la ingeniería y la medicina.
- La mejora de la eficiencia: tienen el potencial de mejorar la eficiencia de los sistemas HPC, lo que puede conducir a ahorros de costos.
- Perspectivas emergentes.

El estudio encontró que hay una serie de perspectivas emergentes en el campo de las estrategias avanzadas de HPC. Estas perspectivas incluyeron:

- La integración de estrategias: es probable que se produzca una integración de las diferentes estrategias avanzadas de HPC. Por ejemplo, la computación cuántica podría utilizarse para acelerar las tareas que son difíciles de resolver con la computación neuromórfica.
- La computación afectiva: se centra en el desarrollo de sistemas informáticos que pueden comprender y responder a las emociones humanas. La computación afectiva tiene el potencial de mejorar la interacción entre los humanos y los sistemas informáticos.
- La computación consciente: se basa en el desarrollo de sistemas informáticos que pueden ser conscientes de sí mismos. La computación consciente es un campo emergente que tiene el potencial de revolucionar la forma en que interactuamos con los sistemas informáticos.

## Conclusiones

Las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de superar los límites actuales de rendimiento y permitir el avance en una amplia gama de áreas como la ciencia, la ingeniería y la medicina. Sin embargo, existen una serie de desafíos y oportunidades asociados con estas estrategias, como la complejidad, la escalabilidad y la seguridad.

Es probable que se produzca una integración de las diferentes estrategias avanzadas de HPC en el futuro, así como el desarrollo de nuevas estrategias como la computación afectiva y la computación consciente.

Aquí se presentan algunos detalles adicionales sobre cada una de las conclusiones:

### **Potencial de superar los límites actuales de rendimiento.**

Las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de proporcionar un aumento significativo en el rendimiento de los sistemas HPC. Por ejemplo, la computación cuántica tiene el potencial de proporcionar un aumento exponencial en el rendimiento, mientras que la computación neuromórfica tiene el potencial de proporcionar un rendimiento eficiente para tareas que son difíciles de resolver con los sistemas informáticos tradicionales.

### **Desafíos y oportunidades asociados.**

Las estrategias avanzadas de HPC también presentan una serie de desafíos y oportunidades. Uno de los principales desafíos es la complejidad pues las estrategias requieren un alto nivel de especialización. Otro desafío es la escalabilidad ya que estas tecnologías deben ser escalables para poder manejar problemas cada vez más grandes. Por último, las estrategias avanzadas de HPC plantean nuevos desafíos de seguridad.

### **Integración de estrategias y desarrollo de nuevas estrategias.**

Es probable que se produzca una integración de las diferentes estrategias avanzadas de HPC en el futuro. Por ejemplo, la computación cuántica podría utilizarse para acelerar las tareas

que son difíciles de resolver con la computación neuromórfica. También es probable que se desarrollen nuevas estrategias avanzadas de HPC, como la computación afectiva y la computación consciente.

### **Impacto potencial.**

Las estrategias avanzadas de HPC tienen el potencial de tener un impacto significativo en el mundo. Pueden ayudar a resolver algunos de los problemas más desafiantes del mundo como el cambio climático y las enfermedades. También pueden ayudar a crear nuevas tecnologías y oportunidades.

En general, el estudio encontró que las estrategias avanzadas de HPC son un área de investigación prometedora con el potencial de tener un impacto significativo en el mundo.



## Referencias

- Barroso, L., Clidas, J., y Hölzle, U. (2022). *The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale Machines*. Synthesis.
- Chapman, B., Jost, G., y Van der Pas, R., (2007). *Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming*. MIT Press.
- Dongarra, J., Beckman, P., Moore, T., Aerts, P., Aloisio, G., Andre, J., Barkai, D., Berthou, J., Boku, T., Braunschweig, B., Cappello, F., Chapman, B., Chi, X., Choudhary, A., Dosanjh, S., Dunning, T., Fiore, S., Geist, A., Gropp, B. ... Yelick, K. (2011). The International Excale Software Project Roadmap. *International Journal of High Performance Computing Applications*, 25(1). <https://doi.org/10.1177/10943420103919>
- García J. (2023). *Escalabilidad dinámica en sistemas informáticos*. Marcombo.
- Grama, A., Gupta, A., Karypis, G. y Kumar, V. (2003). *Introduction to Parallel Computing*. Addison-Wesley.
- Gropp, W., Lusk, E., y Skjellum, A. (1999). *Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface* (2ª ed.). MIT Press.
- Jamshed, S. (2015). *Using HPC for Computational Fluid Dynamics: A Guide to High Performance Computing for CFD Engineers*. Academic Press.
- McCool, M., Reinders, J., y Robinson, A. (2012). *Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation* (1ª ed.). Morgan Kaufmann.
- McCool, M. y Reinders, J. (2018). *MPI: The Complete Reference*. MIT Press.
- Mahmood, Z., Puttini, R., y Erl, T. (2013). *Cloud computing: Concepts, technology & architecture*. Pearson.
- Ozsu, M., y Valduriez, P. (2019). *Principles of Distributed Database Systems* (4th ed.). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26253-2>
- Pacheco, P. (2011). *An Introduction to Parallel Programming*. Morgan Kaufmann.
- Quinn, M. (1994). *Parallel Computing: Theory and Practice*. McGraw-Hill Education.
- Sanders, J. y Kandrot, E.(2010). *CUDA by example: An introduction to general-purpose GPU programming*. Addison-Wesley Professional.
- Silberschatz, A., Galvin, P., y Gagne, G. (2018). *Operating System Concepts* (10ª ed.). Wiley.

Sterling, T., Anderson, M., y Brodowicz, M. (2018). *High Performance Computing: Modern Systems and Practices*. Morgan Kaufmann.

Tanenbaum, A. y Van Steen, M. (2018). *Distributed Systems: Principles and Paradigms* (3rd ed.). Pearson.



Copyright (2024) © Fabián Lizardo Caicedo Goyes



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)

# Transformación de un reactor en desuso para su utilización como intercambiador de calor

## *Transformation of a decommissioned reactor for its use as a heat exchanger*

Fecha de recepción: 2023-12-14 Fecha de aceptación: 2024-04-02 Fecha de publicación: 2024-06-10

**Victoria Inés Acuña Ramírez<sup>1</sup>**

Universidad Metropolitana, Venezuela  
[victoria.acuna@correo.unimet.edu.ve](mailto:victoria.acuna@correo.unimet.edu.ve)  
<https://orcid.org/0009-0007-4212-6882>

**José Manuel Barriola Damborenea<sup>2</sup>**

Universidad Metropolitana, Venezuela  
[jbarriola@unimet.edu.ve](mailto:jbarriola@unimet.edu.ve)  
<https://orcid.org/0009-0001-6214-9850>

**Miguel Manuel Pérez Hernández<sup>3</sup>**

Universidad Metropolitana, Venezuela  
[mperez@unimet.edu.ve](mailto:mperez@unimet.edu.ve)  
<https://orcid.org/0000-0002-8237-8538>

## RESUMEN

La investigación se centró en revitalizar un reactor inactivo por más de 25 años, otorgándole una doble función como intercambiador de calor. Este proceso implicó una reingeniería completa, la incorporación del control de procesos mediante el monitoreo de variables claves y la creación de un manual de uso y un plan de mantenimiento para maximizar su durabilidad y mejorar la disponibilidad

del equipo. Inicialmente, se llevó a cabo una revisión teórica del material necesario, seguida por una evaluación de las condiciones iniciales del equipo. Además, se corrigieron los errores identificados y se determinaron las reparaciones y adquisiciones necesarias. Posteriormente, se propuso un enfoque que permitiera a la Universidad Metropolitana aprovechar el equipo para nuevas prácticas e investigaciones, incorporando un control de procesos automatizado que permitió el registro de variables relevantes y facilitó su análisis posterior, integrando sensores para registrar datos significativos. Los valores cuantitativos obtenidos de las pruebas, como la velocidad de transferencia de calor y la uniformidad de su distribución radial demostraron que la agitación afecta la transferencia de calor y su distribución. Esta propuesta ayudó a mitigar el costo de oportunidad al tener el equipo operativo para la educación y la investigación, generando beneficios financieros para la institución.

**PALABRAS CLAVE:** control de procesos, mantenimiento, intercambiador de calor, reingeniería, reactor, sensores

## ABSTRACT

The research focused on revitalizing an inactive reactor for over 25 years, granting it a dual function as a heat exchanger. This process involved a complete reengineering effort, incorporating process control through monitoring key variables, and creating a user manual and maintenance plan to maximize its durability and improve equipment availability. Initially, a theoretical review of the necessary material was conducted, followed by an assessment of the initial equipment conditions. Identified errors were corrected, and necessary repairs and acquisitions were determined. Subsequently, an approach was proposed to allow Metropolitan University to utilize the equipment for new practices and research, integrating automated process control that enabled the recording of relevant variables and facilitated subsequent analysis. Sensors were also integrated to capture significant data. Quantitative values obtained from tests, such as heat transfer velocity and the uniformity of its radial distribution, demonstrated that agitation affects heat transfer and its distribution. This proposal helps mitigate opportunity cost by keeping the equipment operational for education and research, resulting in financial benefits for the institution.

**KEYWORDS:** process control, maintenance, heat exchanger, reengineering, reactor, sensors

## Introducción

En los años 90, la Universidad Metropolitana (UNIMET) adquirió un reactor que fue objeto de estudio por Nobile y Bustamante (1998). Sin embargo, el equipo ha permanecido inoperativo desde entonces, principalmente debido a los costos asociados con la realización de experimentos. El estado de inactividad ha representado un costo de oportunidad para la universidad, según la definición de Horngren et al (2012), que lo describe como la pérdida de contribución a la utilidad al no utilizar un recurso limitado en su siguiente mejor uso alternativo. Esta situación no solo se refiere a las oportunidades perdidas para ofrecer prácticas e investigaciones como servicios, sino también a los ingresos y la reducción de costos que la universidad ha sacrificado al no aprovechar un equipo capaz de generar diversos productos.

El manejo eficiente y la maximización del uso de los recursos disponibles son claves para el éxito empresarial, como indica Saucedo (2001). Un objetivo esencial de la cadena de suministro es unificar estos recursos para alinearlos con los objetivos de la empresa y mejorar su competitividad.

La transferencia de calor, un fenómeno central en las industrias de ingeniería química y mecánica, ha motivado esta investigación. La Universidad se ha propuesto transformar un reactor específico en un intercambiador de calor, preservando sus características mecánicas. El enfoque de la investigación implicó evaluar el estado actual del equipo, identificando las reparaciones y adquisiciones necesarias para su óptimo funcionamiento. Además, se buscó diseñar una propuesta para la utilización del reactor como intercambiador de calor, con la intención de implementarla y operar el dispositivo de manera automatizada.

Esta investigación, guiada por la relevancia de la transferencia de calor en las industrias de ingeniería química y mecánica, se alineó con el objetivo de formar ingenieros competentes para estas industrias. La propuesta buscó transformar un reactor en desuso de la UNIMET en un intercambiador de calor sin modificar sus características mecánicas. Para esto, se evaluó el estado actual del equipo para identificar las reparaciones y adquisiciones necesarias; además, se diseñó una propuesta para su utilización como intercambiador de calor, con la finalidad de ejecutarla y operar el dispositivo de manera automatizada.

## Metodología

El reactor en desuso representaba una pérdida de recursos y oportunidades para la investigación y la formación en el ámbito académico e industrial de los estudiantes de la universidad. Para revitalizarlo con una doble funcionalidad, se planteó una reingeniería completa del equipo que incluyó las siguientes fases:

- Revisión bibliográfica exhaustiva: destacando la investigación previa de Nobile y Bustamante (1998) para establecer las bases necesarias para la propuesta.
- Evaluación del equipo: diagnóstico del estado actual del reactor, incluyendo su funcionamiento, componentes y necesidades de reparación.



- Diseño de la transformación: selección de materiales, componentes y sensores para la conversión del reactor en un intercambiador de calor (Kanamori et al., 2011).
- Rediseño: implementación de la transformación, incluyendo la limpieza y reparación de componentes, la instalación del circuito eléctrico, la instalación de sensores y la implementación de un sistema de automatización y control de procesos que incluyó la creación de un diagrama de tuberías e instrumentación, el diseño e instalación de la instrumentación necesaria, y la programación de un microcontrolador Arduino (Arduino, 2023) para adquirir y transmitir datos medidos por los sensores al usuario. Se documentaron todas las modificaciones realizadas.
- Pruebas y análisis: con la propuesta implementada, se llevó a cabo la fase de pruebas para verificar el funcionamiento del equipo y el control de procesos. Se compararon dos escenarios: uno sin agitación durante la transferencia de calor y otro con agitación a 214 rpm, manteniendo una temperatura constante de 73 °C ( $\pm 1$  °C). Los datos recopilados durante las pruebas fueron registrados y graficados.
- Manuales y planes: elaboración de un manual de uso y un plan de mantenimiento preventivo para facilitar la operación y maximizar la vida útil del equipo.

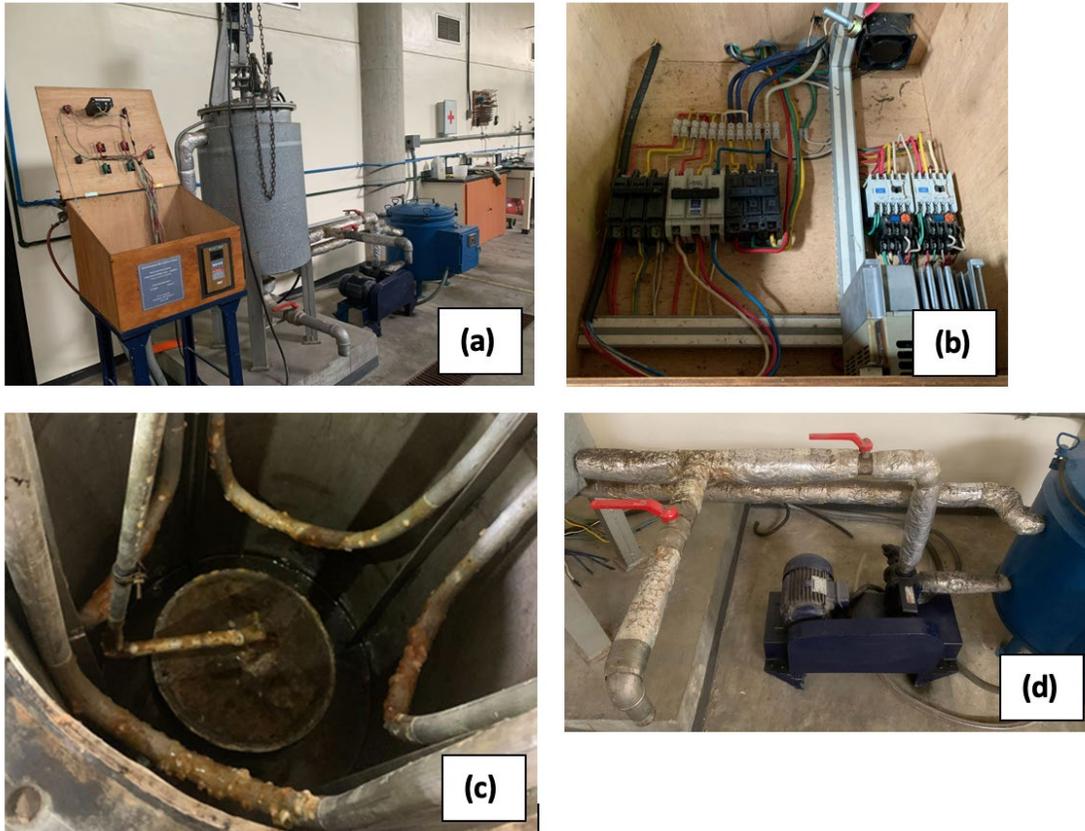
## Resultados

El sistema instalado no cumplía con ciertas normas de seguridad, como se evidencia en la *Figura 1*, donde se utilizaba un gabinete de madera, contradiciendo las pautas establecidas por la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) (NEMA, 2020). Estas normas especifican que un gabinete eléctrico debe protegerse contra la inflamabilidad. Además, debido al tiempo de inactividad, se observó deterioro en algunos componentes, como la instalación eléctrica y el tanque de aceite del intercambiador de calor. Asimismo, se detectó contaminación en el aceite utilizado en el intercambiador de calor.

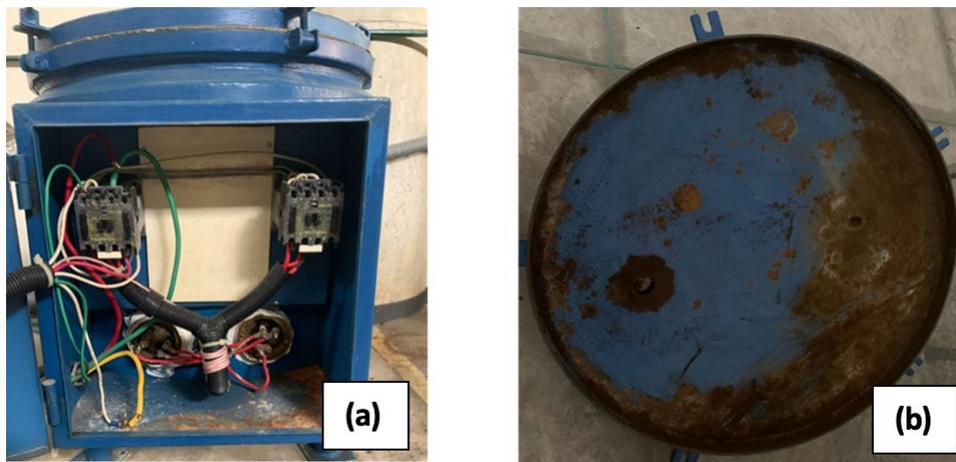
A continuación, se presentan en las *Figura 1 y 2* algunas fotografías que documentan las condiciones iniciales encontradas, destacando el deterioro mencionado y los errores en la implementación.

**Figura 1**

Condiciones iniciales del equipo encontrado. (a) vista general; (b) gabinete de madera; (c) interior del reactor; (d) sistema de tuberías.

**Figura 2**

Condiciones iniciales del gabinete metálico del calentador (a) y de la tapa del calentador (b).



En línea con lo anterior, en las *Figuras 3 y 4* se exhiben fotografías que documentan el estado del sistema después de llevar a cabo la limpieza y reparación de todos los equipos e instrumentos reutilizables. En la *Figura 3* izquierda se muestra el agitador de paletas perpendiculares utilizado (Zhou et al., 2019).

**Figura 3**

*Reactor limpio y desvinculado de las tuberías y el difusor de aire.*



**Figura 4**

*Sistema de tuberías de circulación de aceite limpio (izquierda) y tapa del calentador (derecha) tras haber sido lijada y pintada.*



En las *Figuras 5 y 6* se presentan imágenes que ilustran el montaje del circuito eléctrico después de su diseño, con corrección de errores de implementación anteriores. Los gabinetes eléctricos NEMA 4 están diseñados para uso en interiores o exteriores para brindar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado; para proporcionar un grado de protección contra la caída de suciedad, lluvia, agua, nieve, polvo llevado por el viento, salpicaduras de agua y agua dirigida con manguera. Además, los gabinetes protegen del daño por la formación externa de hielo en la caja.

**Figura 5**

*Toma externa del gabinete metálico (NEMA 4) de control eléctrico.*

**Figura 6**

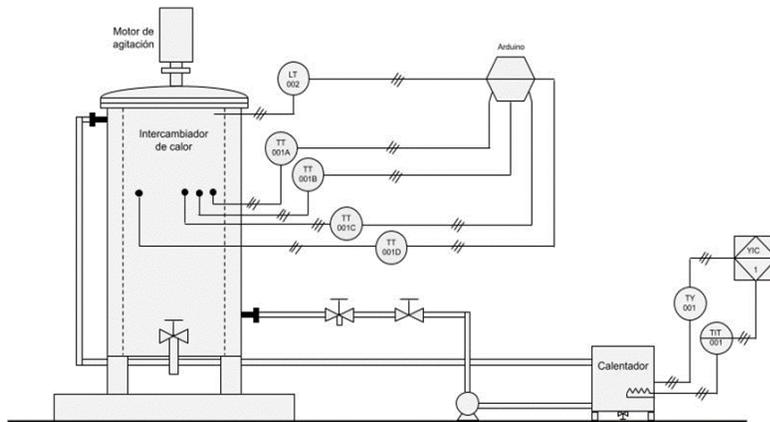
*Toma interna del gabinete metálico (NEMA 4) de control eléctrico.*



Por otro lado, en la *Figura 7* se observa el diseño e implementación del control de procesos y su automatización.

**Figura 7**

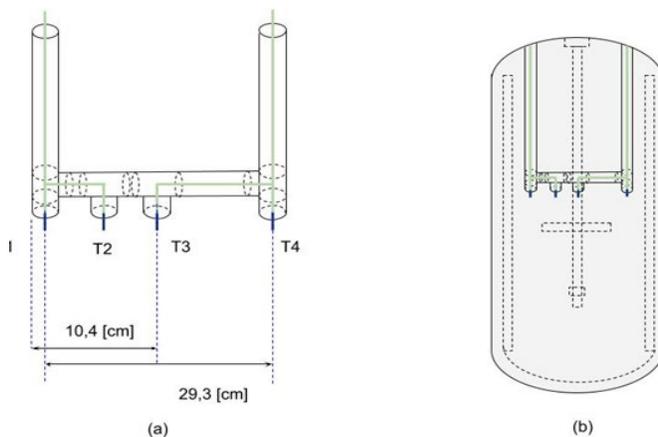
*P&ID propuesto para el control automatizado del intercambiador.*



En la *Figura 8*, se presenta la propuesta de instalación de los sensores de temperatura DS18B20, el cual es un sensor de temperatura digital de alta precisión fabricado por Maxim Integrated y Dallas Semiconductor (2022). Es un dispositivo que utiliza una sola línea de comunicación, lo que significa que requiere un solo cable para transmitir datos de temperatura y recibir comandos. Este sensor utiliza el protocolo de comunicación OneWire, lo que facilita su integración en proyectos electrónicos.

**Figura 8**

*Propuesta de instalación de los sensores de temperatura (DS18B20).*



En la *Figura 9*, se presenta el montaje de los sensores de temperatura DS18B20 y de nivel HC-SR04, fabricado por Elecbee (2023). El sensor de nivel HC-SR04 es un dispositivo ultrasónico utilizado para medir la distancia entre el sensor y un objeto cercano. El HC-SR04 utiliza ondas ultrasónicas para medir distancias, emitiendo un pulso ultrasónico a través de un transductor y luego detectando el eco cuando este rebota en un objeto. La distancia se calcula midiendo el tiempo que tarda el pulso en viajar hacia el objeto y regresar.

**Figura 9**

Montaje de los sensores de nivel (HC-SR04) y temperatura (DS18B20).



En la *Figura 10*, se muestra la instalación del sensor de nivel HC-SR04.

**Figura 10**

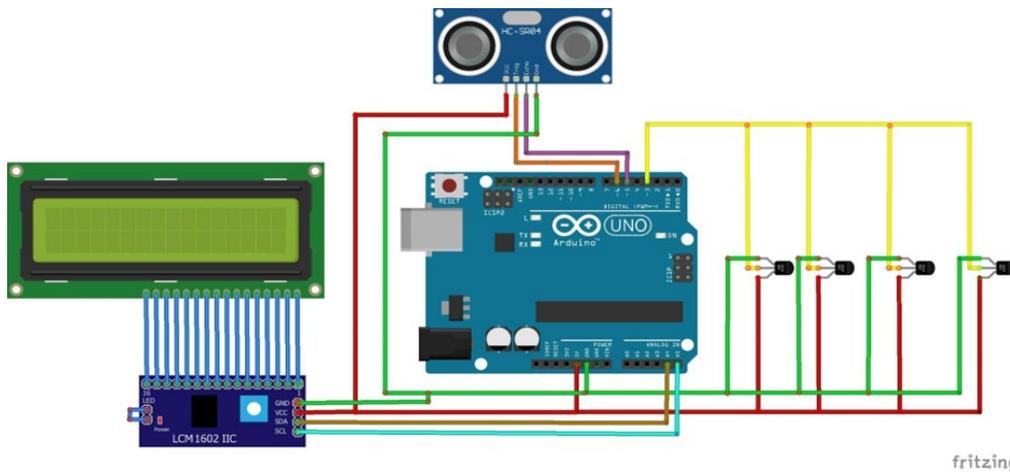
Instalación de los sensores en el reactor.



En la *Figura 11*, se esquematiza el montaje del microprocesador Arduino con las conexiones para el control de los sensores de temperatura y de nivel con un visor Módulo de Visualización de 2x16 Caracteres.

**Figura 11**

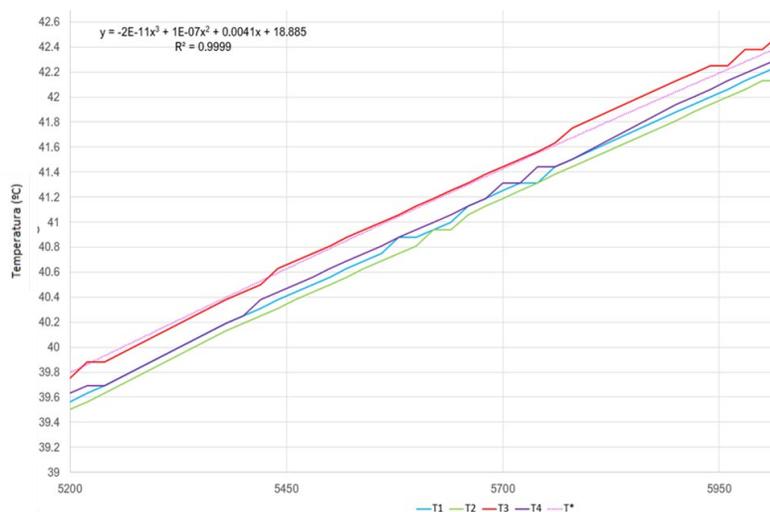
*Montaje del microprocesador Arduino con sus conexiones.*



Como se detalló en la sección anterior, tras establecer el montaje del nuevo sistema propuesto, que incluía el control del proceso, se llevaron a cabo las pruebas correspondientes. Se realizaron dos experimentos con agitación y dos sin agitación, manteniendo una temperatura constante de 70 °C. Al graficar los resultados, se incorporó una línea de tendencia ( $T^*$ ) que mejor se ajustara al comportamiento registrado por el sensor de temperatura #3 ( $T_3$ ). Este sensor, que consistentemente indicó una temperatura superior cuando no había agitación, presentó una diferencia que prevaleció en todas las pruebas, sugiriendo que su precisión y error son distintos a los otros tres sensores. A continuación, se proporciona una ampliación de dos de estos experimentos, siendo la *Figura 12* correspondiente a una experiencia sin agitación, y la *Figura 13* a una experiencia con agitación.

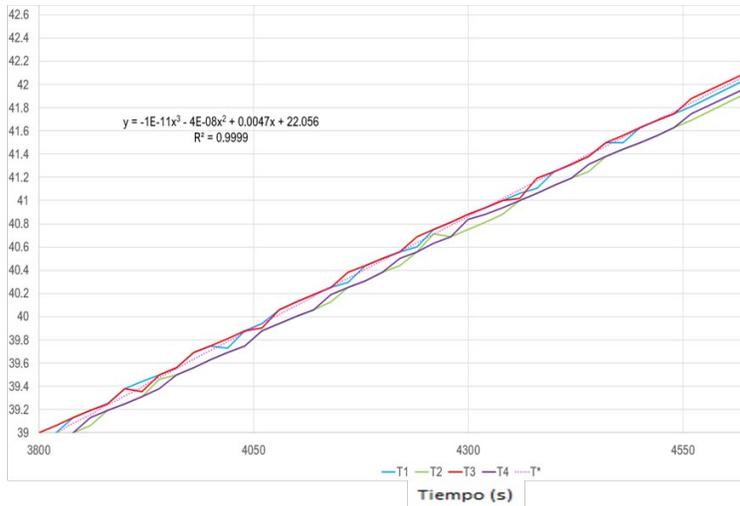
**Figura 12**

*Vista aumentada de las experiencias, sin agitación.*



**Figura 13**

Vista aumentada de las experiencias, con agitación.



En las gráficas anteriores, resaltan dos aspectos fundamentales. Primero, se observa la velocidad de aumento de temperatura en el agua al entrar en contacto con la chaqueta del intercambiador de calor, que contiene aceite a aproximadamente  $73\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

Por otra parte, es esencial señalar que la ausencia de agitación facilita la identificación clara de las líneas de temperatura de cada sensor. No obstante, durante la agitación, esta distinción se vuelve más desafiante, indicando una diferencia en la velocidad de transferencia de calor según la posición radial. Este fenómeno respalda lo sugerido por Chilton et al. (1944), Pietranski (2020) y Çengel et al. (2019).

Para validar numéricamente lo observado en las gráficas, se seleccionaron tres puntos específicos ( $x = 1980\text{ s}$ ,  $x = 3660\text{ s}$  y  $x = 4520\text{ s}$ ) y se calculó un  $\Delta T$ , que representa la diferencia entre la temperatura máxima ( $T_{\max}$ ) y mínima ( $T_{\min}$ ), captada por los sensores. Esto estableció un intervalo para cada punto  $x$ , donde un mayor intervalo indica una mayor diferencia en las temperaturas de los sensores, evidenciando una variación en la velocidad de aumento de temperatura en función de la posición radial.

Además, se introdujo un  $\Delta T'$ , que representa la diferencia de temperatura entre el centro del tanque ( $T_3$ ) y la periferia ( $T_1$ ). Un mayor  $\Delta T'$  también indica una mayor diferencia entre las temperaturas de los sensores. Las *Tablas 1, 2 y 3* corroboran que las experiencias con agitación presentan  $\Delta T$  y  $\Delta T'$  más pequeños, sugiriendo que este proceso favorece la uniformidad en la velocidad de transferencia de calor en diversas posiciones radiales.

**Tabla 1**

$\Delta T$  para un punto de tiempo cualquiera,  $x = 1980\text{ s}$ .

Experiencia	X (s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	$\Delta T$	$\Delta T'$
		( $\pm 0,1$ °C)					
Prueba 1, sin agitación	1980	29,4	29,4	29,6	29,4	0,2	0,2
Prueba 2, sin agitación	1980	27	27,1	27,3	27,1	0,3	0,3
Prueba 1, con agitación	1980	31,2	31,1	31,2	31,1	0,1	0
Prueba 2, con agitación	1980	30,1	30,1	30,1	30,1	0	0

**Tabla 2**

$\Delta T$  para un punto de tiempo cualquiera,  $x = 3660$  s.

Experiencia	X (s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	$\Delta T$	$\Delta T'$
		( $\pm 0,1$ °C)					
Prueba 1, sin agitación	3660	36,1	36,1	36,3	36,1	0,2	0,2
Prueba 2, sin agitación	3660	33,9	33,9	34,1	33,9	0,2	0,2
Prueba 1, con agitación	3660	38,4	38,3	38,4	38,3	0,1	0
Prueba 2, con agitación	3660	37,3	37,3	37,4	37,3	0,1	0,1

**Tabla 3**

$\Delta T$  para un punto de tiempo cualquiera,  $x = 4520$  s.

Experiencia	X (s)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	$\Delta T$	$\Delta T'$
		( $\pm 0,1$ °C)					
Prueba 1, sin agitación	4520	39,3	39,2	39,5	39,3	0,3	0,2
Prueba 2, sin agitación	4520	37,1	37,1	37,4	37,2	0,3	0,3
Prueba 1, con agitación	4520	41,7	41,6	41,7	41,6	0,1	0
Prueba 2, con agitación	4520	40,7	40,7	40,8	40,6	0,2	0,1

En las *Tablas 4 y 5*, se presenta un resumen de las líneas de tendencia halladas en cada experiencia, sus pendientes y el punto donde alcanzan el máximo de la función establecida. Se reitera que Y representa la temperatura alcanzada (en °C) y X el tiempo (en segundos) durante el cual el agua se encuentra en contacto con la pared de la chaqueta, por donde circula el aceite caliente a aproximadamente 73 °C ( $\pm 1$  °C).

**Tabla 4***Líneas de tendencia y ecuaciones de la pendiente.*

Experiencia	Ecuación de la línea de tendencia	
Prueba 1, sin agitación	$y = -6,9646 \cdot 10^{-12}x^3 - 5,39 \cdot 10^{-8}x^2 + 0,004479x + 20,99478$	(1)
Prueba 2, sin agitación	$y = -2,12508 \cdot 10^{-11}x^3 + 9,81 \cdot 10^{-8}x^2 + 0,004086x + 18,88535$	(2)
Prueba 1, con agitación	$y = -1,06146 \cdot 10^{-11}x^3 - 4,13935 \cdot 10^{-8}x^2 + 0,004749x + 22,05562$	(3)
Prueba 2, con agitación	$y = -2,39699 \cdot 10^{-11}x^3 + 1,1 \cdot 10^{-7}x^2 + 0,004285x + 21,35972$	(4)
Experiencia	Ecuación de la pendiente	
Prueba 1, sin agitación	$m = -2,08938 \cdot 10^{-11}x^2 - 1,078 \cdot 10^{-7}x + 0,004479$	(5)
Prueba 2, sin agitación	$m = -6,37524 \cdot 10^{-11}x^2 + 1,962 \cdot 10^{-7}x + 0,004086$	(6)
Prueba 1, con agitación	$m = -3,18438 \cdot 10^{-11}x^2 - 8,2787 \cdot 10^{-8}x + 0,004749$	(7)
Prueba 2, con agitación	$m = -7,19097 \cdot 10^{-11}x^2 + 2,2 \cdot 10^{-7}x + 0,004285$	(8)

**Tabla 5***Puntos máximos de las funciones encontradas.*

Experiencia	Valor de X (tiempo, en segundos)	Valor de Y (temperatura del agua, en °C) ( $\pm 0,1$ °C)
Prueba 1, sin agitación	12.284,84	55
Prueba 2, sin agitación	9.692,96	48,4
Prueba 1, con agitación	10.982,25	55,2
Prueba 2, con agitación	9.399,17	51,5

Asimismo, en la *Tabla 6* se detalló, para cada experiencia y utilizando su ecuación correspondiente, el aumento en grados centígrados en un periodo de una hora y media. Se evidencia que, en promedio, durante ese lapso de 5,400 segundos, la temperatura aumentó aproximadamente 21.6 °C sin agitación y 22.6 °C con agitación, señalando así que la agitación favorece la velocidad de transferencia de calor.

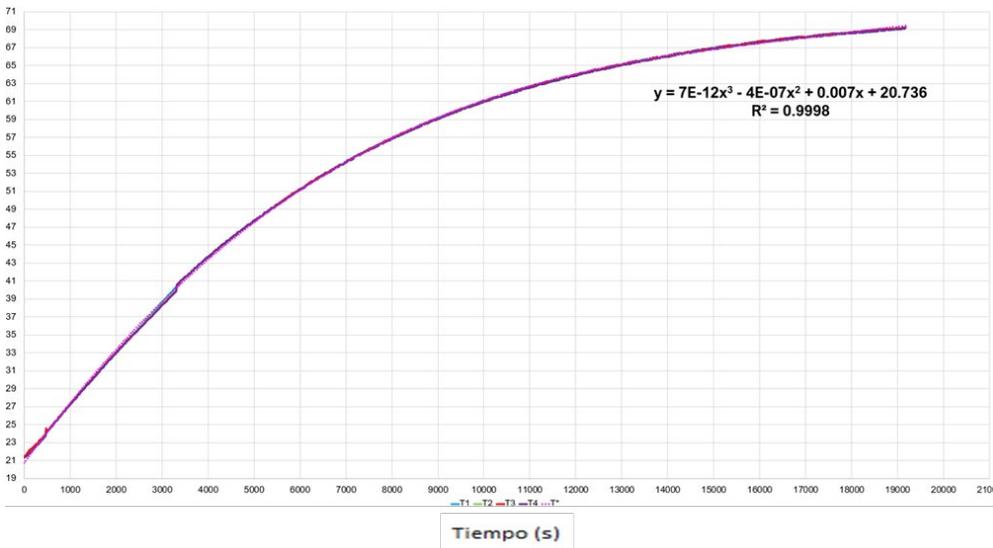
**Tabla 6***Puntos máximos de las funciones encontradas.*

Experiencia	Punto 1		Punto 2		$\Delta Y$ en 5400 s ( $\pm 0,1$ °C)
	X (s)	Y (°C) ( $\pm 0,1$ °C)	X (s)	Y (°C) ( $\pm 0,1$ °C)	
Prueba 1, sin agitación	0	21	5400	42,5	21,5
Prueba 2, sin agitación	0	18,9	5400	40,5	21,6
Prueba 1, con agitación	0	22,1	5400	44,8	22,7
Prueba 2, con agitación	0	21,4	5400	43,9	22,5

Por otro lado, se llevaron a cabo tres pruebas con el equipo durante aproximadamente cinco horas con el fin de monitorear la respuesta del sistema hasta alcanzar el punto de equilibrio y determinar la ecuación que describió su comportamiento. En la *Figura 14*, se presenta un gráfico promedio de las experiencias mencionadas, con un margen de error de  $\pm 0.1$  °C en el aumento de grados centígrados por segundo.

**Figura 14**

*Temperatura en función del tiempo, durante aproximadamente 5 horas de transferencia de calor con el aceite a aproximadamente 73 °C ( $\pm 1$  °C).*



La Ecuación 9 describe de manera más precisa la dinámica de la transferencia de calor en relación con el tiempo.

$$y = 7,09895 \cdot 10^{(-12)} x^3 - 3,7 \cdot 10^{(-7)} x^2 + 0,007033x + 20,73589 \quad (9)$$

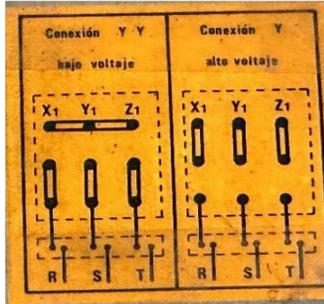
Al igualar la Ecuación 9 al valor de  $y=73$ , se determinó que la temperatura de 73 °C se alcanza en la masa de agua en un lapso de 22.891,15 segundos, equivalente a aproximadamente 6 horas y 20 minutos.

Cumpliendo con uno de los objetivos propuestos, en cuanto al Manual de Mantenimiento Preventivo, se realizó una hoja de vida para cada equipo: Bomba Hidráulica, Motor de Agitación, Calentador, Intercambiador de Calor / Reactor, Modificaciones en el Programa del Arduino, Programa Base del Arduino, Diagramas Eléctricos, con su respectiva descripción de las Actividades de Mantenimiento Preventivo.

En la *Figura 15*, se muestra como ejemplo la Hoja de Vida del motor de agitación.

Figura 15

Hoja de vida del motor de agitación, dentro del Plan de Mantenimiento Preventivo del sistema elaborado.

 <b>Universidad Metropolitana</b>			
Hoja de vida del equipo			
<b>Nombre del equipo</b>	Motor de Agitación	<b>Ubicación Física</b>	Laboratorio de Procesos de Fabricación, justo pasando la entrada principal, sobre el reactor/intercambiador de calor.
<b>Función del equipo</b>	Proporcionar la energía mecánica suficiente para agitar la sustancia que se encuentra dentro del reactor / intercambiador de calor.		
<b>Tipo de Equipo</b>	Equipo mecánico rotativo	<b>Marca</b>	Brown Boveri de Venezuela S.A.
<b>Modelo</b>	R42 – DT80N4	<b>Serial</b>	25306
<b>Sistema del que depende</b>	Prácticas de laboratorio y trabajos de investigación.		
<b>Condiciones Mecánicas</b>	Potencia: 0,75 kW Frecuencia: 60 Hz. Energía de trabajo: 1 HP.		
<b>Condiciones Eléctricas</b>	Conexión trifásica. Voltaje: 230YY / 460Y Amperaje: 3,8 / 1,9 A  El breaker que la activa es Q2 (Q1 ha de estar pasado). Se enciende y apaga a través de S4 y S3 respectivamente.		
<b>Comentarios</b>	Está conectado a un variador de velocidad (recibe conexión bifásica y entrega trifásica. El variador es marca Telemecanique, modelo Altivar 18) y a un reductor.		
<b>Memoria fotográfica</b>	  		

En cuanto al Manual de Uso, según Knott, R. (2022), se ha indicado: Preparaciones Preliminares para las Mediciones, Instalación de los complementos de Microsoft Excel necesarios, Instalación del driver CH340/CH341, Iniciación de los sensores y el programa del Arduino, Puesta en Marcha del Sistema, Recolección de Datos Obtenidos, Apagado del Sistema y Especificaciones del Sistema.

En la *Figura 16*, se muestran los pasos a seguir en la instalación del controlador para el Arduino.

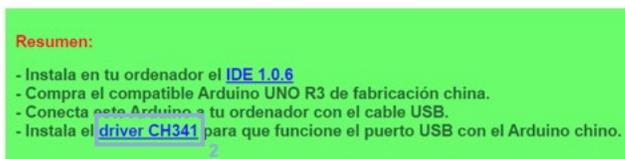
## Figura 16

*Instalación del controlador (driver) CH340/CH341, dentro del manual de Uso.*

### Instalación del driver CH340/CH341.

Para que el Arduino pueda ser reconocido adecuadamente por su computadora, siga los siguientes pasos:

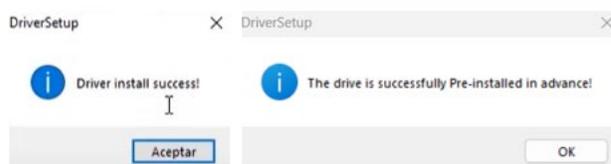
1. Visite el siguiente enlace <http://kio4.com/arduino/1inicio.htm>
2. Descargue el driver CH341 seleccionando el enlace resaltado en la Figura 4, que aparecerá en la página web que está visitando.



**Figura 4.** Paso 2, Instalación del Driver CH340/CH341.

Fuente: Elaboración propia.

3. Descomprima y abra la carpeta que descargó tras haber seleccionado el enlace del paso 2.
4. Seleccione la aplicación denominada 'SETUP' que aparecerá al realizar el paso 3 y que se puede ver en la Figura 5.



**Figura 7.** Paso 7, Instalación del Driver CH340/CH341.

## Conclusiones

En línea con los objetivos planteados, la identificación de las condiciones iniciales del equipo permitió detectar y corregir errores en la implementación anterior. La propuesta, al no implicar modificaciones mecánicas, asegura la operatividad futura del reactor.

La introducción de un control de procesos automatizado permitió el registro preciso de variaciones en múltiples variables, facilitando su interpretación y análisis posterior. Además, se demostró experimentalmente que la agitación afecta la velocidad y uniformidad de la transferencia de calor.

El manual de uso y el plan de mantenimiento proporcionarán orientación para la correcta utilización del equipo, reduciendo posibles inconvenientes y previniendo futuras fallas. En última instancia, esta propuesta ha ayudado a mitigar el costo de oportunidad asociado a un servicio no prestado, asegurando la operatividad del equipo para mejorar la educación estudiantil universitaria y facilitar investigaciones diversas.



## Referencias

- Arduino (4 de diciembre de 2023). Arduino Software (IDE) 2.2.1. *Arduino*. <https://www.arduino.cc/en/software>
- Çengel, Y. y Ghajar, A. (2020). *Transferencia de Calor y Masa: Fundamentos y aplicaciones* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Chilton, T., Drew, T. y Jebens, R. (1944). Heat Transfer Coefficients in Agitated Vessels. *Industrial & Engineering Chemistry*, 36(6), 510-516. <https://www.doi.org/10.1021/ie50414a006>
- Elecbee (8 de noviembre de 2023). Elecbee, buy from original factory. *Elecbee*. <https://www.elecbee.com/>
- Dallas Semiconductor (2023). *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer* [hoja informativa]. <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/58557/DALLAS/DS18B20/181/1/DS18B20.html>
- Horngren, C., Datar, S., y Rajan, M. (2012). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial* (14ª ed.). Pearson Educación. <https://profefily.com/wp-content/uploads/2017/12/Contabilidad-de-costos-Charles-T.-Horn-gren.pdf>
- Kanamori, H., Yamamoto, T., Kato, Y., y Zamzam, Z. (2011). Characteristics of Heat Transfer Coefficient Distribution at Inside Wall of an Agitated Vessel Based on Data Measured by using a New Measuring Method. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 44(11), 908-918. <https://doi.org/10.1252/jcej.11we043>
- Knott, R. (21 de diciembre de 2023). Cómo hacer un manual de usuario: guía completa. *The TechSmith Blog*. <https://www.techsmith.es/blog/manual-usuario/>
- National Electrical Manufacturers Association (15 de noviembre de 2023). NEMA 250 Enclosure Types. *NEMA*. <https://www.nema.org/standards/view/nema-250-enclosure-types>
- Nobile, V. y Bustamante, G. (1998). *Oxidación de Hidrocarburos Parafínicos a Nivel Piloto* [Tesis de grado, Universidad Metropolitana]. Repositorio UNIMET. <https://unimet.ent.sirsi.net/custom/web/tesis/12/ATTP-155N62O9.pdf>
- Pietranski, J. (2020). *Over-all Heat Transfer Coefficients in Agitated Vessels*. [hoja informativa]. PDH Online. <https://pdhonline.com/courses/k102/k102content.pdf>
- Saucedo, R. (2001). *Cadena de suministro* [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio UTEL. <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/3850/17440.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zhou, Y., Wang, L., y Jiang, B. (2019). An investigation of the heat transfer performance of dual improved inter-mig impellers in a stirred tank with an inner heating coil. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 36(3), 1143-1154. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190363s20180415>



Copyright (2024) © Victoria Inés Acuña Ramírez, José Manuel Barriola Damborenea, Miguel Manuel Pérez Hernández



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia – Texto completo de la licencia](#)

# Revisión de estudios sobre la inteligencia artificial adaptada en la educación

## *Review of studies on adapted artificial intelligence in education*

Fecha de recepción: 2024-03-25 Fecha de aceptación: 2024-05-10 Fecha de publicación: 2024-06-10

**Miguel Ángel Pico Quijije<sup>1</sup>**

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

[miguipico93@gmail.com](mailto:miguipico93@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0006-8308-1601>

**Jhonny Antonio Lopez Pinargote<sup>2</sup>**

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

[jhonnylopezp89@gmail.com](mailto:jhonnylopezp89@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0001-8218-4696>

**Eduar Enrique Navarrete Zambrano<sup>3</sup>**

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

[navarretezamboe@gmail.com](mailto:navarretezamboe@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-0656-9116>

## RESUMEN

El uso de la inteligencia artificial (IA) orientado a la educación manifiesta el rápido avance y una creciente adopción en diversos niveles educativos. Las aplicaciones de la IA en este contexto abarcan desde asistentes virtuales y plataformas de aprendizaje personalizadas hasta análisis de datos permitiendo conocer el rendimiento de los estudiantes. Se ha observado un interés creciente en aprovechar esta tecnología para incorporar el aprendizaje adaptativo a los estudiantes, ofreciendo

experiencias de formación personalizadas. El objetivo de este estudio fue realizar una investigación bibliográfica acerca de estudios relacionados sobre la integración de la inteligencia artificial adaptada hacia la educación mediante la metodología SLR (Revisión sistemática de la literatura), donde se desarrollaron preguntas significativas mediante los criterios de inclusión y exclusión. Se abordó la diversidad de tecnologías utilizadas, desde plataformas en línea hasta herramientas colaborativas; se analizó tanto el impacto positivo como los desafíos asociados, incluyendo la brecha digital y las adaptaciones requeridas por los educadores.

**PALABRAS CLAVE:** Tecnologías educativas inteligentes, Sistemas de recomendación para educación, Plataformas de aprendizaje inteligentes, Aprendizaje automático

## **ABSTRACT**

The use of artificial intelligence (AI) aimed at education shows rapid advancement and growing adoption at various educational levels. The applications of AI in this context range from virtual assistants and personalized learning platforms to data analysis allowing us to understand student performance. There is heightened interest in leveraging this technology to incorporate adaptive learning for students, offering personalized training experiences. The objective of this study is accomplishing bibliographic research on related studies on the integration of artificial intelligence adapted to education through the SLR (Systematic Literature Review) methodology, where significant questions are developed through the inclusion and exclusion criteria. The diversity of technologies used is addressed, from online platforms to collaborative tools, both the positive impact and the associated challenges are analyzed, including the digital divide and the adaptations required by educators.

**KEYWORDS:** Intelligent educational technologies, Recommendation systems for education, Intelligent learning platforms, Machine learning

## Introducción

A través de las entidades biológicas avanzadas, como es el caso del ser humano, la Inteligencia Artificial (IA) se basó en la creación de máquinas que puedan aprender, percibir y razonar; con el objetivo de desarrollar un sistema que pueda emular la inteligencia humana (Macpherson et al., 2021). Esto, a través de la creación de algoritmos en conjunto con modelos estadísticos.

Con el uso de las diferentes tecnologías de la información y comunicación (TIC), ha surgido una evolución mediante el avance y necesidades de las personas, dando lugar al desarrollo de la IA. Las máquinas tienen la capacidad de adaptarse a nuevas situaciones, aprender funciones, responder interrogantes y resolver problemas. Siguiendo esta línea, el uso de las TIC en la educación ha significado un cambio a nuevas capacidades innovadoras y estrategias de aprendizaje a comparación de la educación tradicional, respondiendo de forma eficaz a las necesidades y demandas en las diferentes etapas educativas (Mollo et al., 2023).

La IA ha impactado notablemente en diferentes campos entre ellos la educación. La Inteligencia Artificial estudia el desarrollo de máquinas que puedan simular el proceso de pensamiento de los humanos y ha transformado la interacción de elementos de educación entre docentes y alumnos. La IA ha incorporado a los sistemas actuales educativos un mejoramiento de procedimientos en la eficiencia de tiempo de respuesta, facilidad de acceso a la información y otros efectos positivos (Zafari et al., 2022).

En la actualidad, se utilizan modelos de predicción, para analizar respuestas y preferencias en plataformas de gestores de contenido, estableciendo modelos de aprendizaje. Es esencial incentivar la adopción de innovar e investigar a los estudiantes fomentando la autorregulación y el cumplimiento de códigos y normativas (Terrones et al., 2024) para el buen uso de herramientas y buenas prácticas profesionales.

En este contexto, a través de la pandemia de COVID-19 los sistemas educativos en todo el mundo fueron afectados y tuvieron que cerrar sus instalaciones; esto generó la aceleración de procesos tecnológicos (Abbas et al. 2024). Sin embargo, en América Latina las clases presenciales fueron interrumpidas por mayor tiempo a diferencia de otras partes del mundo, reemplazando la escolarización tradicional a una enseñanza virtual y posteriormente híbrida. Cabe destacar que hubo un alto costo de distribución desigual debido a las condiciones sociales y económicas de cada país (Salcero et al., 2023).

Este artículo se desarrolló con el objetivo de realizar una revisión bibliográfica sobre la inteligencia artificial en el ámbito educativo, se observaron aspectos generales e importantes sobre la manera que se manejan las tecnologías en diversos niveles educativos. Además, se generaron preguntas significativas las cuales fueron respondidas a través de la recopilación de información, se dio énfasis a los desafíos éticos y las implicaciones pedagógicas para proporcionar una visión completa.



## Metodología

Esta investigación fue del tipo documental en la cual se realizó una revisión bibliografía de estudios referentes a la inteligencia artificial integrada en la educación. Se realizaron búsquedas de artículos científicos, publicaciones de revistas, investigaciones relevantes. Además, se utilizó una cadena de búsqueda para minimizar la cantidad de documentos encontrados y centrarse en la temática principal; a esto, se aplicó criterios de inclusión y exclusión para analizar y reducir el sesgo de información. Por otra parte, se generaron preguntas de investigaciones las cuales fueron respondidas a través de la búsqueda exhaustiva de información y se utilizó repositorios y bibliotecas digitales como IEEEExplore, Science Direct, Springer, Dialnet, IOP Science. En la *Tabla 1* se aprecia a la cadena de búsqueda.

**Tabla 1**

*Cadena de búsqueda*

Cadena de búsqueda	Resultados
“Inteligencia Artificial” + “Educación”+ “Sistemas de recomendación”	100
“Plataformas de aprendizaje”+ “Educación tecnológica” OR “Smart classroom “	120
<b>Total</b>	<b>220</b>

Una vez desarrollado la combinación de cadenas de búsqueda y el alcance de la investigación, se definieron los criterios de inclusión y exclusión, los cuales tuvieron que cumplir ciertas características para ser considerados en la selección de la revisión de estudios.

### 2.1 Criterio de Inclusión

Se seleccionaron trabajos de investigación relevantes los cuales respondieron a preguntas significativas. Bajo este criterio, se consideraron los siguientes:

1. Artículos de implementación enfocados en la inteligencia artificial en la educación.
2. Artículos de machine learning y plataformas de aprendizaje.
3. Investigaciones relacionadas a Smart classrooms.
4. Investigaciones acerca de herramientas de plataformas educativas.

### 2.2 Criterio de exclusión

Se excluyeron una serie de artículos que no cumplían con los siguientes criterios al momento de ser seleccionados:

1. Artículos que tengan más de 5 años de publicación

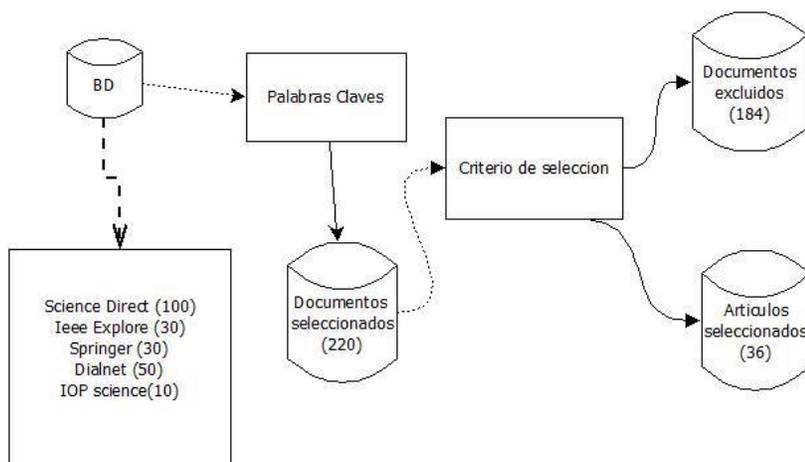
2. Artículos de idiomas distintos a inglés o español.

## Resultados

La *Figura 1* presenta los resultados de búsqueda iniciales. Se identificaron 220 estudios en las cinco bases de datos. Luego de descartar duplicidad, coincidencias y aplicar los criterios indicados, se seleccionaron 36 estudios que permitieron responder las preguntas significativas.

**Figura 1**

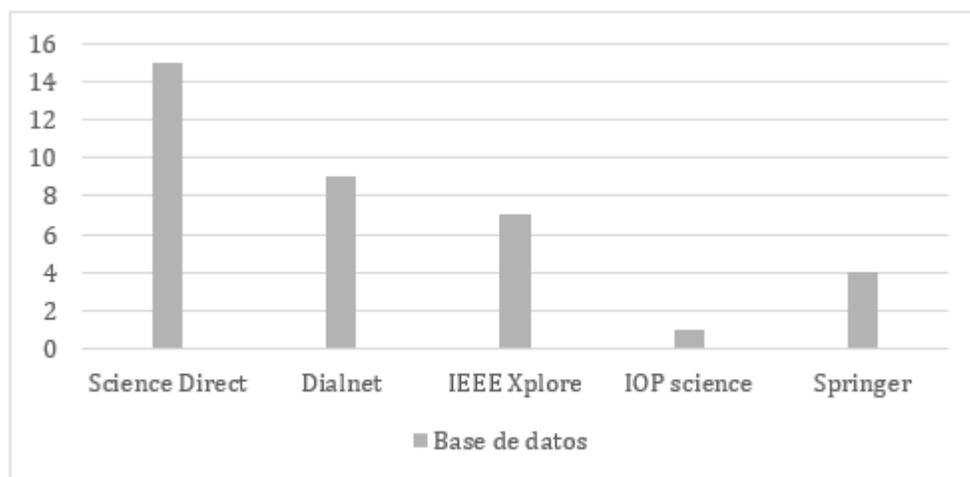
*Selección de estudios.*



Los 36 artículos fueron seleccionados desde el año 2020 hasta el 2024. Estos artículos fueron presentados como resultados de procesos efectuados con los criterios de inclusión. A continuación, la *Figura 2* muestra las publicaciones de la base de datos seleccionadas.

**Figura 2**

*Base de datos seleccionadas.*



En la revisión sistemática de literatura, como se muestra en la *Figura 3*, la información recopilada fue de los últimos 5 años. En esta selección se pudo identificar que el año con más estudios publicados fue el 2023 y el menor fue el 2020. También se observó que, a pesar de que el año 2024 aún no termina, se encontraron más publicaciones en comparación que el año 2020 y se iguala al 2022.

**Figura 3**

*Publicaciones de los últimos 5 años*



Luego de finalizar la selección artículos, se generaron y respondieron preguntas significativas definidas durante la investigación.

### **P1 ¿Cómo ha impactado la inteligencia artificial en la enseñanza y aprendizaje en diferentes niveles educativos?**

Las computadoras perciben el mundo a través de sensores. Estos sensores proporcionan información que es procesada para el razonamiento, extracción de datos y toma de decisiones. A través de este conjunto de información, se han desarrollado algoritmos que la IA puede interpretar por medio de modelos mediante la comprensión de conceptos básicos y prácticos, integrando habilidades técnicas y la alfabetización que han sido claves para la educación (Stolpe y Hallström, 2024). La IA en entornos académicos ha utilizado variables para crear modelos específicos de aprendizaje automático.

Una de las aplicaciones más comunes de integración de la IA en sistemas educativos ha sido la predicción de rendimiento académico con niveles de actividad como retención de conocimiento, abandono y problemas de aprendizaje (Martínez et al., 2023).

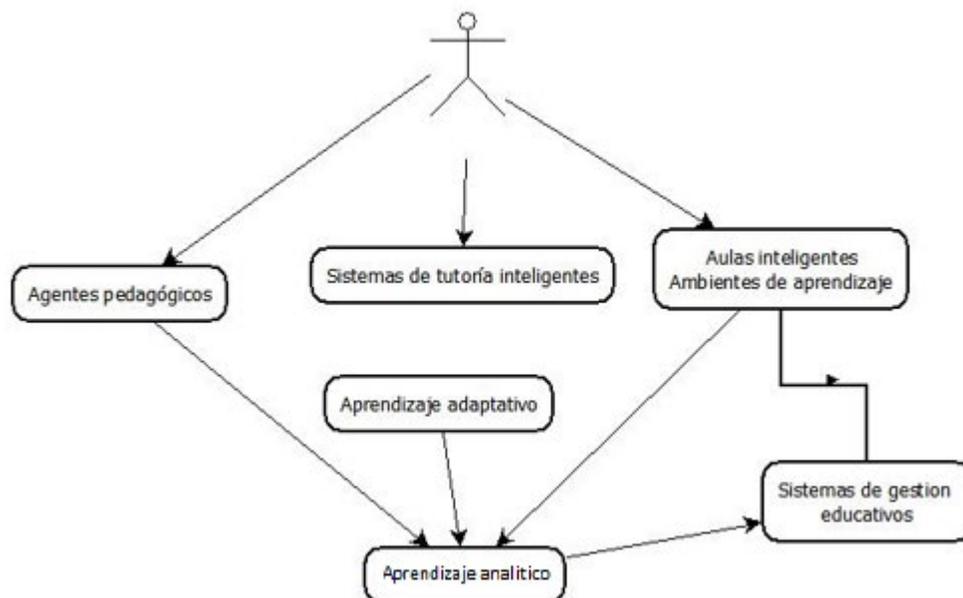
A través del desempeño de los estudiantes, se han extraído métricas sobre patrones de comportamiento y rendimiento. Esto puede predecir problemas o dificultades que enfrenta el alumnado.

La educación primaria, junto con la IA, desempeña un papel fundamental en la creación de habilidades que apoyan el aprendizaje continuo, centrándose en herramientas como asistentes virtuales, juegos educativos inteligentes y sistemas adaptativos de aprendizajes. Esto genera al desarrollo y la estimulación de lectura, escritura y habilidades sociales.

Por otro lado, en la educación secundaria existen aplicaciones y nuevos métodos de aprendizaje flexible donde los estudiantes se desenvuelven de una mejor manera gracias al aprendizaje adaptativo, con diferentes ritmos de aprendizaje y estilos de comprensión. Al incorporar ejercicios relacionados con el pensamiento divergente, los estudiantes experimentan que el uso de la IA ayuda a la creatividad dentro de las clases (Habib et al., 2024).

Finalmente, la educación superior se centra en un aprendizaje adaptable para la formación de cursos y materiales didácticos que fortalezcan el interés de los estudiantes, desarrollando habilidades de análisis de forma continua (Sanabria et al., 2023). La sugerencia de cursos se realiza a través de algoritmos de recomendación configurados en estas plataformas, lo cual conlleva una gran cantidad de almacenamiento de datos. Dichos datos pueden ser aprovechados gracias a la utilización de la inteligencia artificial en conjunto con el buen manejo y uso de la privacidad de estos.

El uso potencial de la IA en la educación ha sido discutido por casi 30 años por la comunidad académica AIED (Artificial Intelligence in Education). Recientemente, el debate se ha desplazado al ámbito internacional con política gubernamental. A medida que se generan nuevas inteligencias artificiales, algoritmos para el aprendizaje y procesamiento de datos, EL también se han evidenciado riesgos. Por lo tanto, uso de esta tecnología debe avanzar con cautela y diligencia. Existe nuevas tendencias importantes para la AIED, que incluyen sistemas de tutores inteligentes, agentes pedagógicos, tecnologías de aula inteligente y aprendizaje adaptativo (Joshi et al., 2021). En la *Figura 4*, se muestra cómo se deben incluir un sistema de inteligencia artificial aplicada en entidades educativas.

**Figura 4.***Arquitectura de sistema AIED, 2021*

Los agentes pedagógicos (AP) son elementos o entidades que activamente participan en procesos disciplinarios. Estos desempeñan un papel importante en la facilitación y mejora de la educación. Los agentes pueden ser humanos o tecnológicos, y su función principal es contribuir al desarrollo, implementando mejores prácticas en la educación (Zhan et al., 2022). Los sistemas IA mediante los agentes pedagógicos ofrecen respuestas automáticas y orientación a los estudiantes. Estos pueden utilizarse para proporcionar información, resolver preguntas frecuentes y ofrecer asistencia personalizada. Los AP son personajes en pantalla que permiten a los usuarios navegar o aprender en entornos multimedia. Sus principales características son que pueden moderar su efectividad de la instrucción, apariencia, género, comunicación no verbal, movimiento y voz (Castro et al., 2021).

También existen los sistemas de tutoría inteligente (STI), programas educativos que imitan patrones de comportamiento humano basados en inteligencia artificial, minería de datos y aprendizaje analítico (Liang et al., 2022). El uso de los STI como herramienta de aprendizaje adaptativo está aumentando significativamente en diferentes campos educativos pues se basa principalmente en el conocimiento y el desempeño del alumno.

Otro elemento son las aulas inteligentes equipadas con dispositivos adaptativos y herramientas tecnológicas para una experiencia más enriquecedoras para docentes y estudiantes (Lorenzo et al., 2021). Existen factores fundamentales para la implementación de un aula inteligente:

- 1) Tener un área de apertura con la capacidad de relacionarse con el entorno exterior para el uso del ambiente físico como los recursos digitales;
- 2) Configurar el espacio para entender las posibilidades del aprendizaje;
- 3) Colaboración para fomentar la interacción del escenario con la construcción colectiva del conocimiento.

El uso de la tecnología debe estar alineado

pedagógicamente a las capacidades del docente para crear situaciones didácticas con actitudes críticas y reflexivas para adaptarse a circunstancias cambiantes (Rapanta et al., 2021).

El aprendizaje adaptativo en base a la educación, junto con la tecnología y la IA, se utilizan para personalizar experiencias de formación según las necesidades y habilidades de cada estudiante. El objetivo principal es proporcionar un camino educativo más eficiente y efectivo, ajustándose de manera dinámica a las fortalezas y debilidades de sus estudiantes (Hünicken et al., 2021).

Otro elemento es la arquitectura central en “bucle” que recopila datos del alumno y luego los utiliza para estimar su progreso, recomendar actividades de aprendizaje y proporcionar comentarios personalizados. Los algoritmos del sistema generalmente toman decisiones refiriéndose a un modelo de dominio del conocimiento (Quintanar et al, 2022). Por otra parte, el aprendizaje analítico se refiere al uso de técnicas y herramientas para extraer información a partir de un conjunto de datos. Además, incorpora experiencias de aprendizaje en línea con tecnologías flexibles para lograr resultados significativos (Kumar et al., 2021).

Finalmente, un Sistema de Gestión Educativa (SGE) es un conjunto integrado de software y herramientas diseñado para facilitar y mejorar la administración y gestión de instituciones educativas. Este tipo de sistemas están desarrollados para apoyar diversas funciones y procesos administrativos y académicos, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y la calidad en la educación. Estos procesos abarcan registros académicos, planificación de estrategias, matriculación y admisión, gestión financiera, gestión de recursos, rendimiento y calidad entre otros (Díez et al., 2020).

## **P2 ¿Cuáles aplicaciones de IA pueden ser utilizadas para entornos educativos?**

Para asentar las bases del uso de la IA en la educación, se ha llevado a cabo la creación de programas adaptables que ayuden a garantizar que los estudiantes aprueben estos cursos en un plazo determinado (Ingavélez et al., 2022). El uso de estas herramientas prepara a los profesionales a desarrollar y resolver problemas globales a través de optimización de mejora de resultados de aprendizaje. A continuación, se muestra en la *Tabla 2* algunos software y herramientas IA utilizadas en entornos de educación.

**Tabla 2**

*Aplicaciones IA en educación.*

Herramientas	Características	Enfoque	Nivel educativo			Referencias
			Primaria	Secundaria	Universidad	
ALEKS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje adaptativo</li> <li>• Evaluación continua</li> <li>• Retroalimentación Detallada</li> </ul>	Personalización de plan de estudios mediante habilidades individuales del estudiante	✓	✓	✓	(Mills, 2021)
Carnegie Learning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje Adaptativo</li> <li>• Evaluación adaptativa</li> <li>• Centrado en matemáticas</li> </ul>	Enseñanza basada en datos y análisis predictivo Mejora el rendimiento académico	✓	✓	✓	(Sein Minn, 2022)
DreamBox	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje adaptativo en matemáticas</li> <li>• Evaluación de seguimiento del progreso</li> </ul>	Adaptación de múltiples niveles de habilidad centrado en matemáticas	✓	✓	✓	(Divanji et al., 2023)
Squirrel AI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutoría personalizada</li> <li>• Aprendizaje adaptativo en matemáticas y otras materias</li> <li>• Retroalimentación instantánea</li> </ul>	Utiliza algoritmos de aprendizaje profundo para adaptarse al estilo de aprendizaje del estudiante	✓	✓	✓	(Kabudi et al., 2021)
IBM Watson Education	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analítica de aprendizaje</li> <li>• Asistentes virtuales</li> <li>• Desarrollo de habilidades del siglo XXI</li> </ul>	Análisis de datos para la toma de decisiones			✓	(Pérez-Mercado et al., 2023)
Knewton	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plataforma de aprendizaje adaptativo</li> <li>• Personalización de contenido</li> <li>• Seguimiento en tiempo real del progreso de estudiantes</li> </ul>	Aprendizaje adaptativo basado en algoritmos avanzados	✓	✓	✓	(Skulmowski, 2023)
Duolingo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizaje de idiomas</li> <li>• Evaluación adaptativa</li> <li>• Retroalimentación inmediata</li> </ul>	Personalización de cursos según habilidades de idioma	✓	✓	✓	(Sanda & Klimova, 2021)

Minecraft: Education Edition	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entorno educativo basado en el juego Minecraft</li> <li>Integración de lecciones de proyectos educativos</li> </ul>	<p>Fomenta la creatividad y colaboración</p> <p>Aplicación en diversas disciplinas para el aprendizaje como arquitectura y visión periférica</p>	✓	✓	✓	(Yenduri et al., 2023)
Zoom for education	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plataforma de video conferencias</li> <li>Colaboración en línea</li> <li>Herramientas interactivas como pizarras compartidas</li> </ul>	<p>Facilita la enseñanza y el aprendizaje a distancia</p> <p>Participación remota y colaboración en tiempo real</p>	✓	✓	✓	(Ly et al., 2023)
Coursera	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plataforma de cursos en línea Evaluación y certificación.</li> <li>Personalización de itinerarios</li> </ul>	<p>Acceso global a cursos de instituciones académicas</p>	✓	✓	✓	(B. Wu & Zhou, 2020)

### P3 ¿Cuáles son los desafíos éticos mediante la integración de inteligencia artificial en la educación?

El desarrollo de una IA aplicada en educación debe cumplir con varios principios éticos como no vulnerar los derechos de las personas, su bienestar y seguridad. De igual forma, generar confianza por medio de desarrolladores, usuarios y proveedores (Cornejo y Cippitani, 2023).

En las universidades, los docentes deben realizar cuidadosamente el diseño de sus exámenes y tomar medidas académicas para detectar trabajos deshonestos en los estudiantes. En el transcurso que la tecnología avanza, también se deben tomar precauciones en los modos de escritura y evaluación (VanderLinde y Mera, 2023).

**Privacidad y seguridad en los datos:** La recopilación y almacenamiento de datos personales deben garantizar la seguridad para proteger la información sensible para evitar riesgos de violación de privacidad (Wu, X. et al., 2023).

**Sesgo y Equidad:** El sesgo en la creación de algoritmos IA crea problemas e incertidumbres que pueden afectar los derechos humanos, la privacidad e integración humana (Almache y Márquez, 2023).

**Recopilación de Datos:** La manera en que se recopilan, utilizan y comparten los datos debe estar alineada en conjunto con principios éticos. Esto implica obtener el consentimiento informado de los estudiantes para garantizar que, con la información recopilada, se puedan tomar decisiones pedagógicas de manera ética y con fines educativos legítimos (Flores y García, 2023).

**Acceso y brecha digital:** Uno de los detonantes fuertes para la brecha digital fue el confinamiento por la pandemia, donde al iniciar programas de clases a distancia se conoció la desigualdad y

dificultades estructurales. Los países en desarrollo con infraestructuras deficientes y obsoletas, docentes carentes de conocimientos y habilidades digitales o estudiantes sin la tecnología necesaria presentaron una desventaja.

**Formación y Desarrollo Profesional** La implementación efectiva de tecnologías de IA en la educación requiere una formación adecuada y desarrollo profesional continuo para educadores. En este contexto, es importante analizar las características de cada estudiante analizando sus fortalezas y debilidades, para el mejoramiento continuo individual.

Las implementaciones de la IA en instituciones educativas presentan varios desafíos. Actualmente, se están llevando a cabo diversas estrategias para abordarlos de manera efectiva. Por otra parte, se deben establecer políticas y marcos regulatorios claros para guiar la implementación ética y responsable de las tecnologías; los pilares fundamentales son la privacidad, seguridad de datos y equidad. Otras estrategias consisten en ofrecer programas de formación y desarrollo profesional para educadores y personal técnico, incrementar la capacitación en el uso efectivo de herramientas de IA, comprender los aspectos éticos y las capacidades de integrar estas tecnologías de manera significativa.

Finalmente, se deben establecer mecanismos de monitoreo y evaluación para supervisar el efecto en la implementación de IA para obtener resultados educativos. Esto permite realizar ajustes según sea necesario y garantizar la mejora continua. Además, desarrollar capacidades internas dentro de las instituciones educativas para gestionar y mantener sistemas de IA de manera efectiva. Esto puede implicar la contratación de personal especializado y el fomento de la colaboración interdisciplinaria.

## Conclusiones

El uso de la IA implementada en la educación ha demostrado ser una tendencia transformadora con el potencial de ofrecer contenido y métodos de enseñanza personalizados. El análisis de la literatura y revisión sistemática ha permitido identificar varios aspectos clave relacionados con la aplicación de la IA en el contexto educativo. Esto ofrece oportunidades para su implementación exitosa, la cual requiere un enfoque equilibrado que considere cuidadosamente los aspectos éticos, la capacitación del personal y la equidad para garantizar un futuro educativo inclusivo y enriquecedor.

La IA ha facilitado la búsqueda de información adaptándose a las necesidades de los usuarios, ofreciendo perspectivas amplias al momento de adquirir conocimientos. Además, dispone de herramientas en evaluaciones automatizadas basadas en la eficiencia y retroalimentación. Se destaca el desarrollo y la formación profesional continua para maximizar los beneficios

Para futuros trabajos, se debe mejorar los modelos de IA para la personalización efectiva del aprendizaje, la mitigación de sesgos algorítmicos, el desarrollo de marcos éticos sólidos y el impacto sobre el rendimiento estudiantil y la experiencia educativa.

## Referencias

- Abbas, A., Yasin, A., y Hosseini, S. (2024). A global perspective of government initiatives to support higher education during the COVID-19 pandemic : A systematic review of literature. *Research in Globalization*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2024.100202>
- Almache, J. y Márquez, J. (2023). Implicaciones éticas de la IA y su potencial impacto en el derecho internacional. *Revista San Gregorio*, 1(54), 209–231. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i54.2203>
- Castro, J., Wong, R., Adesope, O., y Paas, F. (2021). Effectiveness of Multimedia Pedagogical Agents Predicted by Diverse Theories: a Meta-Analysis. *Educational Psychology Review*, 33, 989–1015. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09587-1>
- Cornejo, I., y Cippitani, R. (2023). Ethical and Legal Considerations of Artificial Intelligence in Higher Education: Challenges and Prospects. *Revista de Educacion y Derecho*, (28). <https://doi.org/10.1344/REYD2023.28.43935>
- Crovi, D. (2023). Comunicación educativa en pospandemia: Factores que interpelan a la formación digital universitaria. *InMediaciones de la comunicación*, 19(1), 1688-8626. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9277369>
- Delgado, N., Campos, L., Sainz, M., y Etxabe, J. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial ( IA ) en Educación : los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria , educación secundaria y educación superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 27(1). <https://doi.org/10.6018/reifop.577211>
- Dian, A., Santoso, H., Junus, K., y Suhartanto, H. (2023). The Effect of the Integration of Metacognitive and Motivation Scaffolding Through a Pedagogical Agent on Self- and Co-Regulation Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(4), 573–584. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3266439>
- Díez, F., Villa, A., López, A., y Iraurgi, I. (2020). Impact of quality management systems in the performance of educational centers: educational policies and management processes. *Heliyon*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03824>
- Divanji, R., Bindman, S., Tung, A., Chen, K., Castaneda, L., y Scanlon, M. (2023). A one stop shop? Perspectives on the value of adaptive learning technologies in K-12 education. *Computers and Education Open*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100157>
- Flores, J., y García, F. (2023). Reflexiones sobre la ética, potencialidades y retos de la Inteligencia Artificial en el marco de la Educación de Calidad (ODS4). *Comunicar*, 31(74), 35–44. <https://doi.org/10.3916/C74-2023-03>

- Habib, S., Vogelb, T., Anli, X., y Thorne, E. (2024). How does generative artificial intelligence impact student creativity? *Journal of Creativity*, 34(1). <https://doi.org/10.1016/j.yjoc.2023.100072>
- Hünicken, L., González, A., Haag, M., Villafañe, y Ruppel, D. (2021). Gamificación y Aprendizaje Adaptativo en la enseñanza de la asignatura Algoritmos y Estructuras de Datos. *Electronic Journal of SADIO*, 20 (2), 98–114. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/135599>
- Ingavélez, P., Robles, V., Pérez, A., Hilera, J., y Oton, S. (2022). Automatic Adaptation of Open Educational Resources: An Approach From a Multilevel Methodology Based on Students' Preferences, Educational Special Needs, Artificial Intelligence and Accessibility Metadata. *IEEE Access*, 10, 9703–9716. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3139537>
- Joshi, S., Rambola, R., y Churi, P. (2021). Evaluating artificial intelligence in education for next generation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1714. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1714/1/012039>
- Kabudi, T., Pappas, I., y Olsen, D. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Kumar, A., Krishnamurthi, R., Bhatia, S., Kaushik, K., Ahuja, N., Nayyar, A., y Masud, M. (2021). Blended Learning Tools and Practices: A Comprehensive Analysis. *IEEE Access*, 9, 85151–85197. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085844>
- Liang, J., Hare, R., Chang, T., Xu, F., Tang, Y., Wang, F., Peng, S., y Lei, M. (2022). Student Modeling and Analysis in Adaptive Instructional Systems. *IEEE Access*, 10, 59359–59372. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3178744>
- Lorenzo, N., Gallon, R., Palau, R., y Mogas, J. (2021). New Objectives for Smart Classrooms from Industry 4.0. *Technology, Knowledge and Learning*, 26, 719–731. <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09527-0>
- Ly, B., Ly, R., y Hor, S. (2023). Zoom classrooms and adoption behavior among Cambodian students. *Computers in Human Behavior Reports*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100266>
- Macpherson, T., Churchland, A., Sejnowski, T., DiCarlo, J., Kamitani, Y., Takahashi, H., y Hikida, T. (2021). Natural and Artificial Intelligence: A brief introduction to the interplay between AI and neuroscience research. *Neural Networks*, 144, 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.09.018>
- Martínez, M., Rigueira, X., Larrañaga, A., Martínez, J., Ocarranza, I., y Kreibel, D. (2023). Impact of artificial intelligence on assessment methods in primary and secondary education: Systematic literature review. *Revista de Psicodidáctica*, 28(2), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.psicoe.2023.06.002>
- Mills, N. (2021). ALEKS constructs as predictors of high school mathematics achievement for struggling students. *Heliyon*, 7(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07345>

- Minn, S. (2022). AI-assisted knowledge assessment techniques for adaptive learning environments. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100050>
- Mollo, J., Lázaro, R., y Crespo, R. (2023). Implementación de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación para la Educación Superior: Revisión sistemática. *Revista Ciencia & Sociedad*, 3(1), 16–30. <https://www.cienciaysociedaduatf.com/index.php/ciesocieuatf/article/view/58>
- Pérez, R., Balderas, A., Muñoz, A., Cabrera, J., Palomo, M., y Doderó, J. (2023). ChatbotSQL: Conversational agent to support relational database query language learning. *SoftwareX*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2023.101346>
- Quintanar, R., y Hernández, M. (2022). Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 15(1), 41–66. <https://doi.org/10.37843/rted.v15i1.308>
- Rapanta, C., Botturi, L., Goodyear, P., Guàrdia, L., y Koole, M. (2021). Balancing Technology, Pedagogy and the New Normal: Post-pandemic Challenges for Higher Education. *Postdigital Science and Education*, 3, 715–742. <https://doi.org/10.1007/s42438-021-00249-1>
- Salcedo, D., Rosas, J., y Vicario, C. (2021). *El Futuro de la Inteligencia Artificial en educación en América Latina* [hoja informativa]. Boletín Upiita. <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/946-cyt-numero-85/1950-el-futuro-de-la-inteligencia-artificial-en-la-deteccion-de-enfermedades>
- Sanabria, J., Silveira, Y., Pérez, D., y Cortina, J. (2023). Incidences of artificial intelligence in contemporary education. *Comunicar*, 31(77). <https://doi.org/10.3916/C77-2023-08>
- Sanda, L. y Klimova, B. (2021). Educational mobile applications for learning English as a second language by Czech seniors. *Procedia Computer Science*, 192, 1848–1855. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.190>
- Skulmowski, A. (2023). The Cognitive Architecture of Digital Externalization. *Educational Psychology Review*, 35, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09818-1>
- Stolpe, K., y Hallström, J. (2024). Artificial intelligence literacy for technology education. *Computer and Education Open*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100159>
- Terrones A. y Rocha, M. (2024). El valor de la ética aplicada en los estudios de ingeniería en un horizonte de inteligencia artificial. *Sophia*, (37). <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/soph.n36.2024.07>
- VanderLinde, G. y Mera, T. (2023). El uso de inteligencia artificial y sus desafíos para la evaluación académica: una revisión de la literatura. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 21(41), 126-137.
- Wu, X., Duan, R., y Ni, J. (2023). Unveiling security, privacy, and ethical concerns of ChatGPT. *Journal of Information and Intelligence*, 2(2), 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.jiixd.2023.10.007>

- Wu, B. y Zhou, Y. (2020). The Impact of MOOC Instructor Group Diversity on Review Volume and Rating - Coursera Specialization as an Example. *IEEE Access*, 8, 111974–111986. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000787>
- Yenduri, G., Kaluri, R., Rajput, D., Lakshmana, K., Gadekallu, T., Mahmud, M., y Brown, D.(2023). From Assistive Technologies to Metaverse - Technologies in Inclusive Higher Education for Students with Specific Learning Difficulties: A Review. *IEEE Access*, 11, 64907–64927. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3289496>
- Zafari, M., Bazargani, J., Sadeghi, A., y Choi, S. (2022). Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 10, 61905–61921. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179356>
- Zhan, Z., He, L., Tong, Y., Liang, X., Guo, S., y Lan, X. (2022). The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100096>

Copyright (2024) © Miguel Angel Pico Quijije, Jhonny Antonio Lopez Pinargote y Eduar Enrique Navarrete Zambrano.



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia – Texto completo de la licencia](#)



# Órtesis de inmovilización para perros: Un enfoque de bajo costo basado en el diseño generativo

## *Canine Immobilization Orthosis: A Low-Cost Approach Based on Generative Design*

Fecha de recepción: 2023-02-26 Fecha de aceptación: 2024-04-09 Fecha de publicación: 2024-06-10

**José Miguel Segnini Maizo**<sup>1</sup>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, Ecuador

[jmsegnini@pucesi.edu.ec](mailto:jmsegnini@pucesi.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-4894-6482>

**Karen Dayana Imbago Arevalo**<sup>2</sup>

Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

[kd.imbago@uta.edu.ec](mailto:kd.imbago@uta.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-3342-5234>

**Mary Josefina Vergara Paredes**<sup>3</sup>

Universidad Internacional de Valencia, España

[maryjosefina.vergara@professor.universidadviu.com](mailto:maryjosefina.vergara@professor.universidadviu.com)

<https://orcid.org/0000-0002-5718-3325>

## RESUMEN

Cuando un perro experimenta un accidente o presenta una malformación en una de sus extremidades, su movilidad se ve comprometida y se requiere el uso de una ortesis de inmovilización para facilitar la recuperación del miembro afectado. En el proceso de diseño de estas ortesis, idealmente, se buscaría la participación activa del usuario para definir los requisitos, involucrándolo

desde las etapas iniciales del desarrollo. No obstante, el usuario se ve limitado por la adaptación de lo que ofrece el mercado y los altos costos. En esta investigación, se ha presentado un diseño conceptual y el procedimiento de fabricación de una órtesis de inmovilización para perros caracterizada por su comodidad, transpirabilidad, asepsia, funcionalidad, impermeabilidad, seguridad, estética y bajo costo, acompañado de una gran adaptabilidad que se logra replicando la anatomía de la extremidad afectada. Se consideraron requisitos de resistencia del material y distribución de cargas. Se pudo desarrollar simulaciones de esfuerzo y deformación con programas CAD-CAE hasta obtener un modelo funcional impreso en 3D. Los resultados obtenidos mostraron que es posible diseñar una ortesis mínimamente viable que inmovilice la extremidad del animal y permita una mejor distribución de cargas gracias a la geometría obtenida idéntica a la del miembro original afectado.

**PALABRAS CLAVE:** órtesis, inmovilización, perros, diseño generativo

## **ABSTRACT**

When a dog experiences an accident or has a malformation in one of its limbs, its mobility is compromised, and the use of an immobilization orthosis is required to facilitate the recovery of the affected limb. In the design process of these orthoses, ideally, the active participation of the user would be sought to define the requirements, involving them from the initial stages of development. However, the user is limited by the adaptation of what the market offers and the high costs. In this research, a conceptual design and the manufacturing procedure of an immobilization orthosis for dogs characterized by its comfort, breathability, asepsis, functionality, impermeability, safety, aesthetics and low cost, accompanied by a great adaptability that is achieved, have been presented. replicating the anatomy of the affected limb. Material strength and load distribution requirements were considered. Stress and deformation simulations could be developed with CAD-CAE programs until a 3D printed functional model was obtained. The results obtained showed that it is possible to design a minimally viable orthosis that immobilizes the animal's limb and allows a better distribution of loads thanks to the geometry obtained identical to that of the original affected limb.

**KEYWORDS:** orthosis, immobilization, dogs, generative design

## Introducción

La órtesis ha sido una de las herramientas ortopédicas más usadas para la rehabilitación de pacientes que requieren un soporte en aquellas partes del cuerpo que han sufrido daño. Aunque muy útiles, las órtesis son más costosas que los tratamientos con métodos tradicionales como es el uso de escayolas completas (yeso) o parciales (férulas). Sin embargo, estas últimas técnicas tienen varios problemas en comparación con la órtesis. Las escayolas son rígidas e incómodas, pueden producir alergias y problemas circulatorios, en tanto que las férulas son difíciles de ajustar anatómicamente a determinadas partes del cuerpo y permiten un movimiento excesivo de las extremidades. En ambos tipos de dispositivos la solubilidad del yeso en el agua dificulta la limpieza de heridas y el aseo del órgano afectado (Segnini et al., 2017). También, es muy común, especialmente en el caso de los animales, que se usen equipos contruidos con diferentes tipos de elementos como madera y plástico. La mayoría de las veces este tipo de herramientas alternativas no producen los resultados esperados puesto que su diseño pocas veces logra un correcto ajuste anatómico a la parte lesionada dificultando su rehabilitación o en casos más complejos cambian la marcha y la distribución de las fuerzas verticales sobre las patas anteriores o posteriores como se muestra con estudios experimentales (Murakami et al., 2021).

Con la aparición de las nuevas tecnologías, se ha producido una revolución en el campo de la biomecánica, lo que ha permitido el desarrollo de nuevos modelos de órtesis muy efectivas en la rehabilitación ortopédica por ser dispositivos livianos, fuertes, seguros, de fácil elaboración y sobre todo cómodos. Entre esas nuevas tecnologías usadas en la fabricación de órtesis destacan por un lado la manufacturación aditiva digital como son las impresiones en 3D y, por otro lado, la construcción de un producto final usando materiales resistentes y elásticos, como la fibra de carbono, donde además se pueden incorporar sensores electrónicos con conectividad móvil o capaces de producir electroestimulaciones localizadas (Segnini et al., 2022).

Una de las mayores ventajas que ofrece la manufactura digital es que los dispositivos se moldean hasta lograr ajustar perfectamente su forma a la anatomía de la zona afectada. Esto se consigue, a través de un levantamiento digital tridimensional de la parte afectada del animal usando un escáner 3D, que continua con la generación del dispositivo de inmovilización mediante la aplicación de la tecnología de impresión 3D basada en la información suministrada por paquetes computacionales. El principal inconveniente de esta nueva tecnología es la lentitud del proceso que hasta ahora tarda entre 36 y 49 horas por cada unidad producida, lapso al cual hay que añadir la duración del post- procesamiento (Antonana et al. 2019; Mesa, 2020; Pascual, 2019)

Entre los países que han mostrado un mayor desarrollo en el diseño y producción de los dispositivos de inmovilización para animales destacan España, Estados Unidos, Israel, Rusia y Suecia (Antoñana et al. 2019; Mesa, 2020; Pascual, 2019; Torres et al. 2017; Wagoner et al., 2018). En el caso de Latinoamérica, se han publicado algunas investigaciones orientadas al desarrollo de unidades ortésicas para solucionar diferentes problemas ortopédicos caninos (Cortes, 2013; Herrera et al. 2020; Rocha, 2019; Rubio, 2019). Igualmente, en Ecuador, también se han producido avances, especialmente en el desarrollo de dispositivos ortéticos destinados a la rehabilitación de las extremidades de perros (Zambonino, 2019; Nacevilla, 2018). Asimismo,



en Ecuador esta tendencia académica se ha visto complementada por la producción comercial de dispositivos ortéticos por diferentes empresas como: OrtoCanis®, OrthoPets®, Walkin'pets®, HeroBraces, K-9 Orthotics & Prosthetics Inc, Ortopedia mascota® y Ortopedia canina®.

No obstante, para el desarrollo prometedor de órtesis asociado a la rehabilitación ortopédica, es importante la generación de nuevas investigaciones y que la producción comercial de ortesis tenga una mayor proyección social. En este sentido, es necesario hacer un esfuerzo a futuro para desarrollar y producir modelos de dispositivos apegados a las geometrías naturales del paciente y con costos accesibles que favorezca extensivamente su uso.

## Metodología

Para identificar las necesidades, ha sido fundamental establecer un canal de comunicación de alta calidad con el usuario final del producto, lo cual requirió retroalimentación. La recopilación de datos implicó interactuar con los usuarios directos e indirectos, y observar su experiencia de uso del producto. Para lograr este objetivo, los métodos principales de recopilación de datos fueron las entrevistas, encuestas a expertos y fichas de observación. En este caso, los usuarios directos han sido los perros que han sufrido lesiones en las extremidades anteriores, mientras que los usuarios indirectos fueron los dueños de dichos perros. Se trabajó en colaboración con pacientes de la clínica veterinaria Sr. Pets, ubicada en la ciudad de Ibarra, Ecuador.

**Tabla 1**

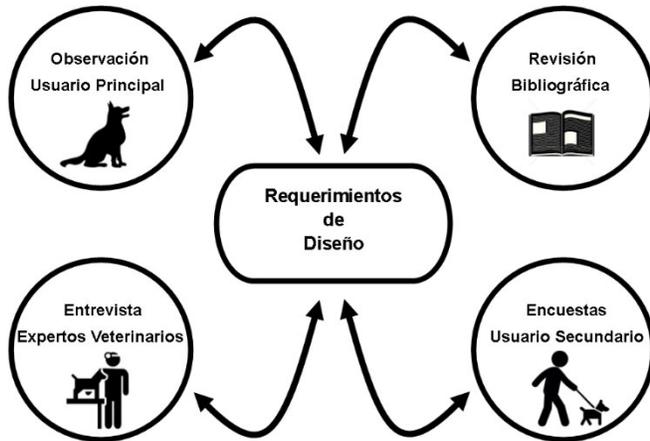
*Lista de usuarios secundarios dueños de canes*

Usuario	Nombre	Edad	Raza de perro	Diagnóstico
1	Yoga	4 años	Pinscher miniatura	Fractura múltiple
2	Apolo	2 años	Pinscher miniatura	Fractura simple en las dos patas delanteras
3	Nico	5 años	Chihuahua	Hipocalcemia
4	Simba	1 aprox.	Mestizo	Esguince
5	Leo	7 años	Bull terrier	Luxación del metacarpo
6	Tommy	2 años	Poodle	Fractura múltiple
7	Kiara	2 años	Mestizo	Fractura cerrada
8	Tayra	5 años	Labrador	Fractura simple
9	Horus	6 años	Akita	Fractura del radio
10	Bob	3 años	Labrador	Luxación del cúbito
11	Manchas	5 años	Mestizo	Esguince
12	Dash	6 años	Husky	Ataxia
13	Max	1 año	Cocker	Fractura metacarpo
14	Bruno	2 aprox.	Mestizo	Fractura simple
15	Kira	2 años	Poodle	Fractura cerrada
16	Lupita	1 año	Pinscher miniatura	Esguince
17	Dona	3 años	Bull terrier	Luxación del cúbito
18	Maya	4 años	Mestizo	Esguince
19	Noa	2 años	Husky	Luxación en el metacarpo
20	Turbo	1 aprox.	Mestizo	Fractura cerrada

Es importante destacar que en esta investigación no se calculó el tamaño de muestra necesario para obtener resultados estadísticamente significativos, debido a la falta de una base de datos sobre perros accidentados en la zona norte del país y a la falta de divulgación de esta información por parte de los centros veterinarios y fundaciones. Por lo tanto, se trabajó únicamente con veinte pacientes de la clínica Sr. Pets. (ver *Tabla 1*).

## 2.1. Requisitos de la ortesis

Se procedió a analizar y contrastar esta información (consultar *Figura 1*) con la literatura científica pertinente sobre el tema en cuestión. Esto con el objetivo de generar alternativas de diseño que se ajusten a los requisitos establecidos. Además, se contó con la orientación de un especialista en traumatología veterinaria para asegurar la idoneidad de las propuestas.

**Figura 1***Proceso de recolección de requerimientos.*

Se implementaron once variables de diseño fundamentales que deben ser consideradas en la ortesis canina de inmovilización. Estas variables fueron las siguientes: *comodidad, seguridad, facilidad de montura, resistencia al agua, peso, funcionalidad, ajustabilidad, transpirabilidad, asepsia, estética y costo*. La *comodidad* se refiere al nivel de bienestar físico que proporciona el uso de la ortesis al animal; la *seguridad* está relacionada con la confianza en la ortesis y la ausencia de riesgos al utilizar el dispositivo. La *facilidad de montura* se refiere a la facilidad con la que el usuario secundario o el veterinario pueden colocar la ortesis en el perro. La *resistencia al agua* implica que el material de la ortesis no sea soluble en el agua, permitiendo su uso en condiciones húmedas. El *peso* se refiere a la ligereza o peso del dispositivo, teniendo en cuenta la comodidad del perro al llevarlo puesto. La *funcionalidad* está directamente relacionada con la capacidad de la ortesis para permitir la marcha y el movimiento normal del animal. La *ajustabilidad* se refiere a la capacidad de ajustar la ortesis a diferentes tamaños y holguras, adaptándose a las necesidades individuales del perro. La *transpirabilidad* asegura que la humedad de la transpiración pueda escapar rápidamente, evitando la acumulación de humedad y la irritación en la piel. La *asepsia* se refiere a la capacidad de la ortesis de mantener un ambiente limpio y prevenir la aparición de nuevos problemas o infecciones. La *estética* está asociada a la apariencia física de la ortesis, buscando un diseño atractivo y estéticamente agradable. Por último, el *costo* se refiere al valor económico necesario para adquirir la ortesis, teniendo en cuenta la accesibilidad y el presupuesto del usuario.

Estas variables de diseño son fundamentales para desarrollar una ortesis canina de inmovilización que cumpla con los requisitos de diseño y costo establecidos.

## 2.2. Diseño de la ortesis

Una vez identificadas las necesidades y requisitos, se procedió al desarrollo de distintas alternativas de solución para el diseño de la ortesis. Se proponen diferentes formas generales que definieron el tipo de producto a desarrollar. La propuesta 1 consistió en un diseño enfocado en proporcionar protección adicional a la zona inferior del pie y brindar un soporte para posicionar

correctamente la extremidad, como se muestra en la *Figura 2a*. Por otro lado, la propuesta 2 se centra en ofrecer mayor comodidad y ligereza al producto, al tiempo que protege la zona inferior del pie y proporciona un soporte adecuado para la extremidad, también ilustrado en la *Figura 2b*.

La propuesta 3 está diseñada para otorgar ligereza e inmovilización a la pierna del animal, proporcionando protección, pero permitiendo que el animal no apoye la pata y pueda sentir el suelo, lo cual puede brindar una sensación de comodidad, tal como se muestra en la *Figura 2c*. Por último, la propuesta 4 es el modelo más simple y ligero, diseñado específicamente para cubrir y estabilizar el área afectada del animal, también representado en la *Figura 2d*.

## Figura 2

*Propuestas del diseño, dimensión y tipo de la órtesis: a) Propuesta 1, b) Propuesta 2, c) Propuesta 3, d) Propuesta 4.*



En la conceptualización del producto se buscó un enfoque simple, integrando elementos computacionales que imiten la morfología del animal para lograr una adaptación más efectiva. La forma del objeto se ha diseñado con líneas continuas, suaves y acabados lisos, junto con detalles sutiles, y se ha dejado espacios libres para minimizar la invasividad para el animal.

Para la selección de la forma y los mecanismos de sujeción, se siguió un proceso analítico jerárquico (AHP), utilizando el paquete computacional Expert Choice Solutions®. Este proceso de toma de decisiones ayudó a establecer prioridades y tomar la mejor decisión al considerar aspectos cualitativos y cuantitativos. Se asignaron pesos a las opciones planteadas tanto para los criterios como para las alternativas.

En el esquema preliminar del diseño de la forma, se presentaron alternativas de geometrías orgánicas que concilian el concepto de diseño generativo y se relacionan con los sistemas ortésicos contemporáneos.

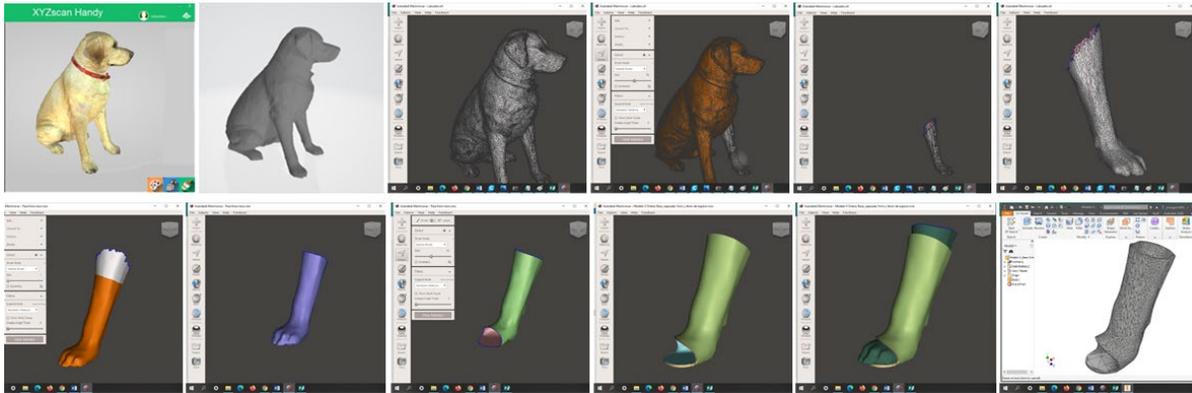
### 2.3. Diseño morfológico de la órtesis

Bajo la premisa del método propuesto por Cusco (2018); Arízaga (2019); Herrera (2019) y Suarez ete al. (2019) en donde morfológicamente diseñaron la órtesis utilizando la tecnología de escaneo e impresión 3D (ver *Figura 3*), se desarrolló un modelo computarizado fiel a las formas

naturales del miembro afectado. Este ha sido la geometría de partida, la cual fue única para cada paciente.

### Figura 3

*Proceso de escaneado y modelado en 3D*



Una vez finalizado el proceso de escaneo y modelado tridimensional de la extremidad del animal, se procedió a imponer los requisitos necesarios para generar alternativas con el enfoque de diseño generativo utilizando Autodesk Fusion360®.

Los parámetros específicos fueron: un espesor mínimo de 5 mm, una reducción del 50% del material, un factor de seguridad de 1.5, fuerzas aplicadas a la órtesis de 300 N en diferentes direcciones, una gravedad de  $9,807 \text{ m/s}^2$ , el material PETG como opción y la tecnología de fabricación fue la manufactura aditiva. A partir de las dieciséis propuestas generadas por el programa, se seleccionaron aquellas que cumplieron de forma más ajustada los once criterios establecidos previamente. Estas propuestas fueron identificadas por modelos de la siguiente manera:

**Modelo 1:** Se propone una ortesis de diseño abierto, que se basa en formas orgánicas regulares en la mayor parte de su estructura, como se ilustra en la *Figura 4a*.

**Modelo 2:** La siguiente propuesta consiste en una ortesis cerrada que se fundamenta en formas orgánicas y cuenta con refuerzos en áreas estratégicas, como se muestra en la *Figura 4b*.

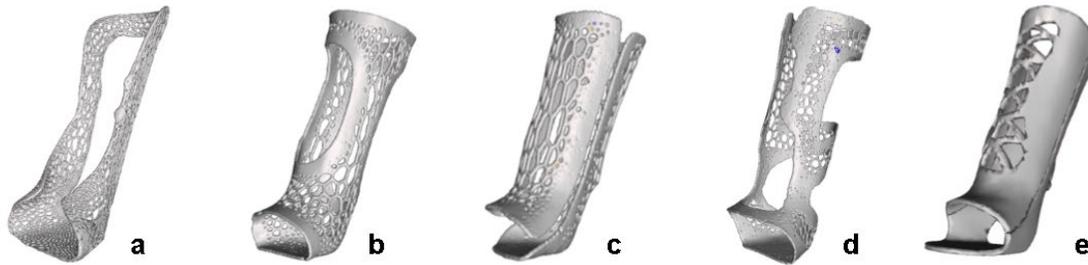
**Modelo 3:** Esta propuesta presenta una ortesis abierta con orificios orgánicos de menor densidad en comparación con las propuestas anteriores, además de contar con refuerzos en áreas estratégicas del producto, como se muestra en la *Figura 4c*.

**Modelo 4:** Este modelo exhibe un diseño cerrado con formas orgánicas regulares y refuerzos ubicados estratégicamente, como se presenta en la *Figura 4d*.

**Modelo 5:** Muestra un diseño abierto ligeramente más conservador, con formas orgánicas de mayor tamaño, pero menos distribuidas, al mismo tiempo que presenta refuerzos en áreas estratégicas, como se ilustra en la *Figura 4e*.

**Figura 4**

*Propuestas de diseño: a) Modelo 1, b) Modelo 2, c) Modelo 3, d) Modelo 4, e) Modelo 5.*



Otro paso crítico en el desarrollo de la ortesis fue la definición del sistema o mecanismo de sujeción al animal. Existen distintos referentes comerciales que sirvieron como base para el diseño de estos sistemas. A continuación, se describen las siguientes propuestas:

**Sistema de sujeción 1:** Se planteó el uso de una cinta elástica de polisopreno sintético (sin látex) como método de sujeción. Esta cinta elástica presenta características como alta resistencia al calor, excepcional resistencia al lavado, cero encogimientos y una distribución equitativa de tensión y carga. El objetivo fue que las pestañas del prototipo puedan entrelazarse con la cinta elástica para lograr la sujeción del producto, como se muestra en la *Figura 5a*.

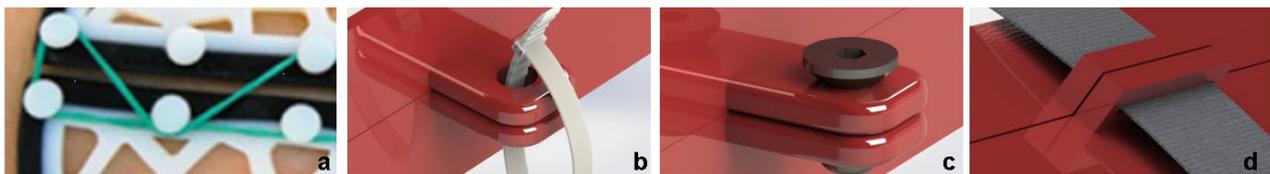
**Sistema de sujeción 2:** Este modelo de sujeción utilizó bridas o amarras plásticas comerciales, que consistieron en una cinta de nylon resistente con una cremallera integrada. Estas bridas se insertaron en las pestañas laterales de la órtesis, como se ilustra en la *Figura 5b*.

**Sistema de sujeción 3:** Esta opción propuso el uso de tornillos roscados (pernos) en las pestañas laterales para lograr la sujeción. La *Figura 6c* muestra este sistema de sujeción.

**Sistema de sujeción 4:** Esta propuesta utilizó cintas de velcro para la sujeción, que se insertan en las pestañas laterales y se envuelven alrededor de la órtesis, como se representa en la *Figura 5d*.

**Figura 5**

*Propuestas: a) Mecanismo 1, b) Mecanismo 2, c) Mecanismo 3, d) Mecanismo 4.*



Por otro lado, la ortesis ha sido diseñada con la finalidad de ser fabricada mediante impresión 3D, y para este propósito se ha elegido el uso del material PETG (Polietileno Tereftalato modificado con glicol). En el contexto ecuatoriano, el PETG se posiciona como el tercer material más popular después del PLA y el ABS. A diferencia de estos, el PETG ofrece una mayor resistencia mecánica que el PLA y una mayor facilidad de impresión en comparación con el ABS.

La elección del PETG como material base se fundamentó en su notable durabilidad, buena capacidad de adhesión, resistencia a la rotura, capacidad de bloqueo a la humedad y a productos químicos. Estas propiedades lo convirtieron en el termoplástico más adecuado para ser utilizado como materia prima en el proceso de impresión 3D para este proyecto en particular.

Asimismo, la órtesis contó con un revestimiento interno de neopreno, un polímero de cloropreno ampliamente utilizado en dispositivos ortopédicos. El neopreno ha mostrado resistencia a solventes y agentes químicos, y su elasticidad dificulta su deformación mediante pliegues. No obstante, su característica más destacada radica en su capacidad para resistir daños provocados por la flexión y torsión, lo cual contribuye significativamente a brindar un mayor nivel de comodidad al usuario de la ortesis.

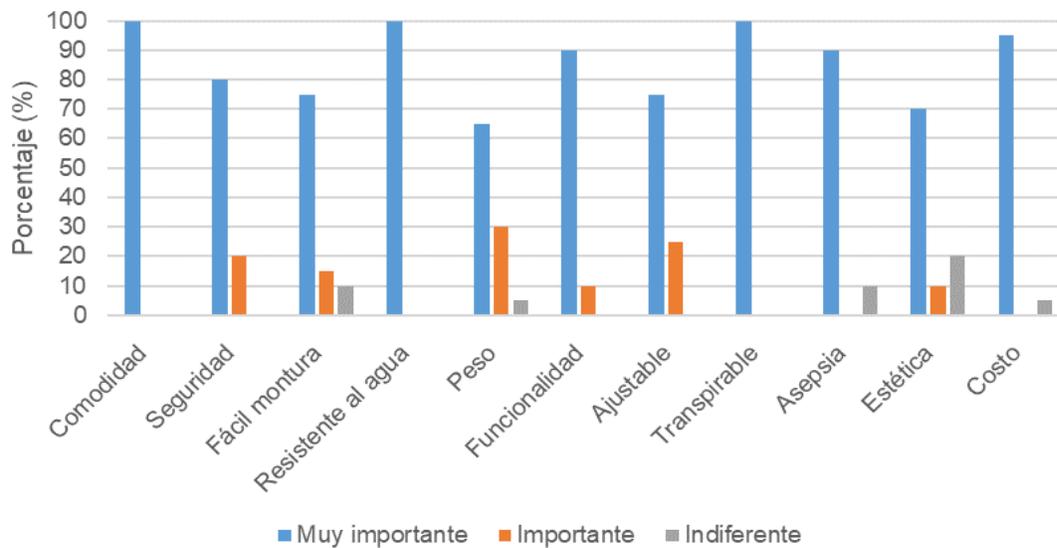
## Resultados

### 3.1. Características de la ortesis de inmovilización

La *Figura 6* muestra los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas a veinte usuarios indirectos y especialistas veterinarios, en relación a las características de la órtesis.

**Figura 6.**

*Resultados de encuestas con respecto a las características de la ortesis de inmovilización canina.*



El factor de comodidad ha sido considerado como muy importante por el 100% de los encuestados. Los usuarios indirectos relacionan la comodidad con la capacidad del animal para caminar sin dificultades, pero en todos los casos, los animales (perros) experimentaron dolor y no pueden caminar normalmente.

La seguridad fue otro aspecto de gran importancia, siendo mencionada como muy importante por el 80% de los encuestados. Los usuarios la asociaron directamente con la capacidad del animal para llevar a cabo sus actividades diarias sin riesgo de desajuste.

El tiempo y la dificultad de colocación del dispositivo en el animal también han sido considerados. Los veterinarios valoraron que el dispositivo sea práctico y de fácil instalación, mientras que los usuarios indirectos no le dieron tanta importancia, ya que suelen recurrir a un especialista veterinario para esta tarea. Sin embargo, no se percataron de que ahora podrán lavar fácilmente la zona afectada del animal. Todos los encuestados coincidieron en la importancia de tener un dispositivo de inmovilización que no se disuelva en el agua ni cause molestias por la absorción de la misma.

La ligereza de la ortesis fue considerada muy importante por el 65% de los encuestados, ya que, en comparación con los yesos convencionales, representa una carga innecesaria e incómoda para el animal. La funcionalidad también fue valorada, aunque resultó difícil de medir en una encuesta. El 90% la consideró muy importante y el 10% restante la consideró importante. Los veterinarios solicitaron expresamente este requisito, ya que les permite ajustar la ortesis a medida que la extremidad se desinflama debido al tratamiento de la fractura. Por lo tanto, independientemente del resultado, era un requisito indispensable para el dispositivo de inmovilización a desarrollar.

La transpirabilidad y la asepsia del producto fueron aspectos muy importantes para el 95% de los encuestados, y esto está relacionado con el daño dermatológico causado por los dispositivos de inmovilización convencionales. Solo el 20% consideró que la estética no es relevante en las ortesis, mientras que el 80% coincidió en que el dispositivo debe tener un valor agregado que realce su apariencia.

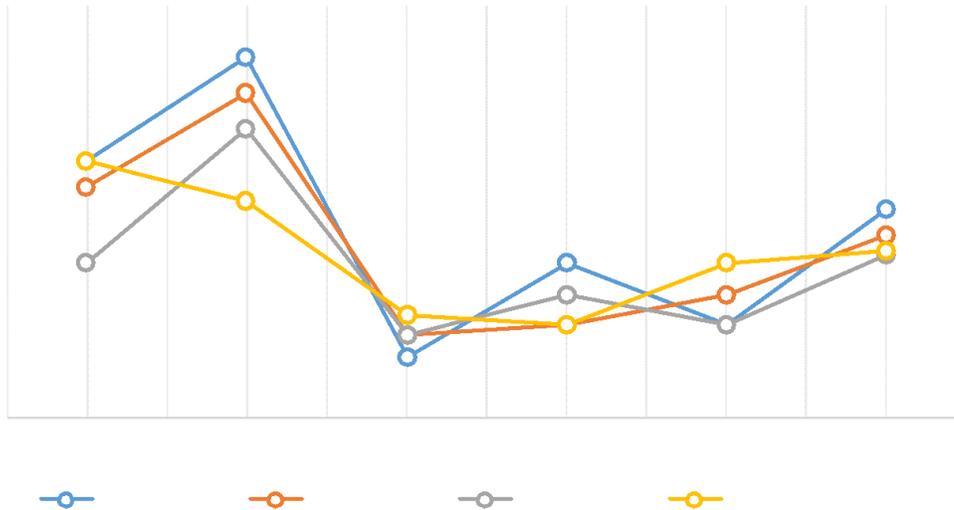
Por último, el aspecto económico fue tomado muy en serio e importante por el 100% de los encuestados, ya que esto determina si el animal tendrá que sufrir las consecuencias del accidente de por vida o no.

### 3.2. Análisis jerárquico para selección de alternativas

Después de realizar una evaluación exhaustiva de las cuatro propuestas de solución para el desarrollo y dimensionamiento de la órtesis, utilizando el método de selección jerárquica, se concluyó que la propuesta 1 obtuvo los resultados más favorables (ver *Figura 7*). Esta propuesta se destacó por su atractivo estético, su versatilidad en funciones, la protección que brinda a la zona inferior del pie y su capacidad para posicionar la extremidad de manera adecuada.

**Figura 7**

*Resultados para la síntesis de forma de la órtesis.*

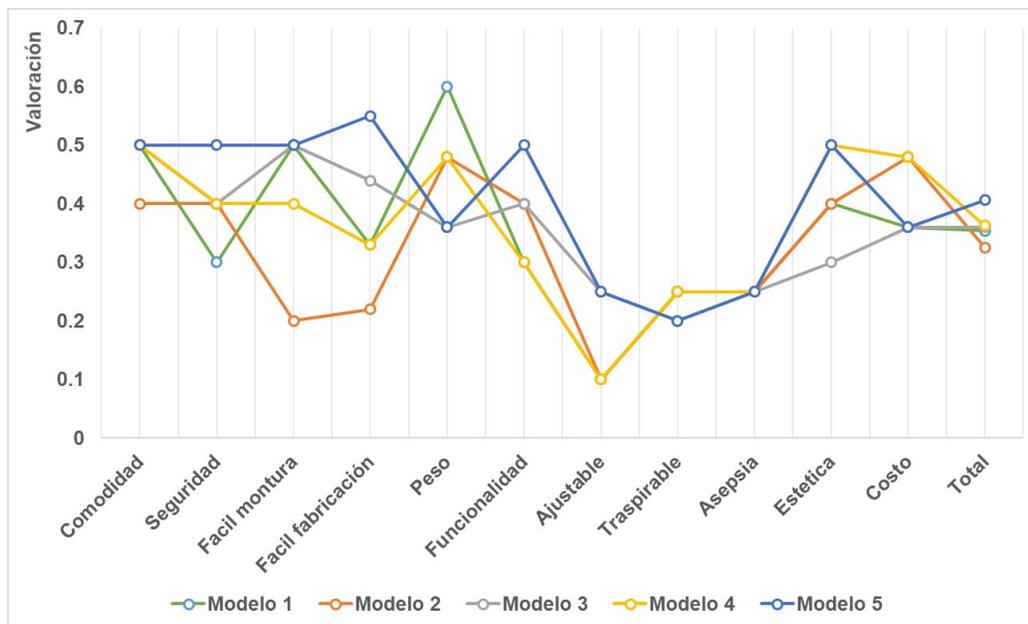


Asimismo, se llevó a cabo un análisis detallado de las cinco propuestas de forma de la ortesis (ver *Figura 4*). Se dio especial importancia a la ligereza, seguridad, dificultad de fabricación y costo de las propuestas. Cabe destacar que los valores relacionados con la “ligereza del producto” y “seguridad” se obtuvieron utilizando el software Autodesk Fusion360®.

Al aplicar el método jerárquico y analizar los datos obtenidos, se determinó que la propuesta más adecuada en cuanto a la forma de la ortesis fue la propuesta 5 (ver *Figura 8*). Esta propuesta se caracteriza por contar con orificios de tamaño considerable y patrones irregulares, lo cual contribuye a reducir su peso. Aunque conservadora en comparación con las otras propuestas, cumple con los requisitos necesarios para brindar un óptimo desempeño.

**Figura 8**

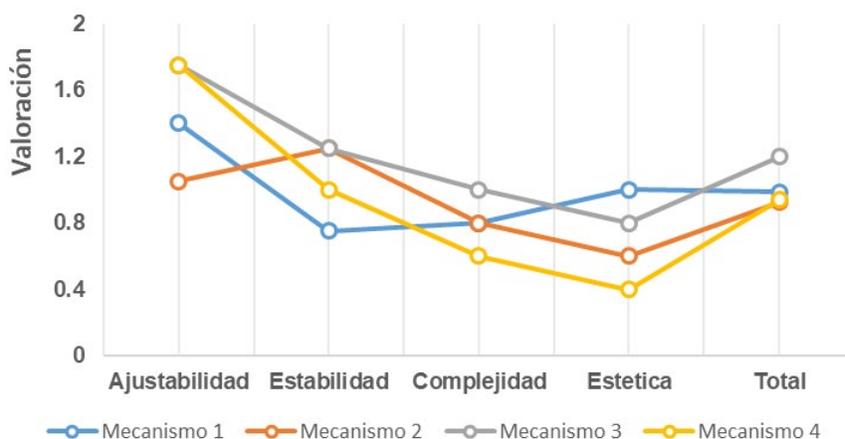
*Resultados para la síntesis de forma de la órtesis.*



En la *Figura 8* se puede observar que las cinco propuestas exhiben similitudes en términos de comodidad, transpirabilidad y asepsia. Sin embargo, las diferencias más notables se encontraron en la ligereza del producto, facilidad de instalación, dificultad de fabricación y estética. Destacó el modelo cinco como superior en estas características en comparación con las demás propuestas.

**Figura 9**

*Resultados para la síntesis del mecanismo de sujeción.*



Además, se procedió a seleccionar el mecanismo de sujeción, comenzando con la exploración de alternativas y la definición de criterios: ajustabilidad para adaptarse a la forma de la extremidad,

estabilidad del sistema, complejidad del ajuste y estética. Estos se plantean en función de su importancia, priorizando la ajustabilidad para adaptarse al cambio de la extremidad durante el proceso de desinflamación, así como la estabilidad del sistema para permitir movimientos cotidianos del animal, como caminar o sentarse. Para el mecanismo, se consideró con mayor énfasis la facilidad de la instalación y el mejor ajuste al diseño estético del conjunto.

Tras evaluar las alternativas según los criterios y su ponderación, se determinó que el mecanismo más apropiado es el tres (3), como se muestra en la *Figura 9*. El mecanismo 1 destacó por su buena estética, pero su estabilidad y complejidad en la colocación comprometieron su valoración en la selección. El mecanismo 2 mostró una excelente estabilidad, pero la dificultad en el ajuste y la estética del sistema lo descartan. El mecanismo 4, aunque ha sido ampliamente utilizado en ortesis humanas y ofrece una gran ajustabilidad, no cumplió con la estética deseada para este proyecto. En contraste, el mecanismo 3 mostró una calificación constante en los diferentes aspectos evaluados. Posee un buen sistema de ajuste, una adecuada estabilidad y una estética que se alinea con el diseño general del producto. Por estas razones, se seleccionó el mecanismo 3 como la opción más adecuada.

### 3.3. Generación de la geometría propuesta

Después de realizar la selección tanto de la forma de la ortesis como del sistema de sujeción, se procedió a combinar ambas propuestas para crear el producto final. La *Figura 10* mostró el proceso de diseño, mientras que la *Figura 11* ofreció un diseño detallado de la geometría. Por último, la *Figura 12* proporcionó una visualización del producto en uso, brindando una representación realista de cómo se ve y se utiliza.

**Figura 10**

*Proceso de optimización del material en el desarrollo de la ortesis.*



**Figura 11**

*Geometría propuesta refinada para la órtesis de inmovilización de extremidad delantera para perros.*



**Figura 12**

*Órtesis propuesta en uso.*



### 3.4. Análisis estructural de la órtesis de inmovilización

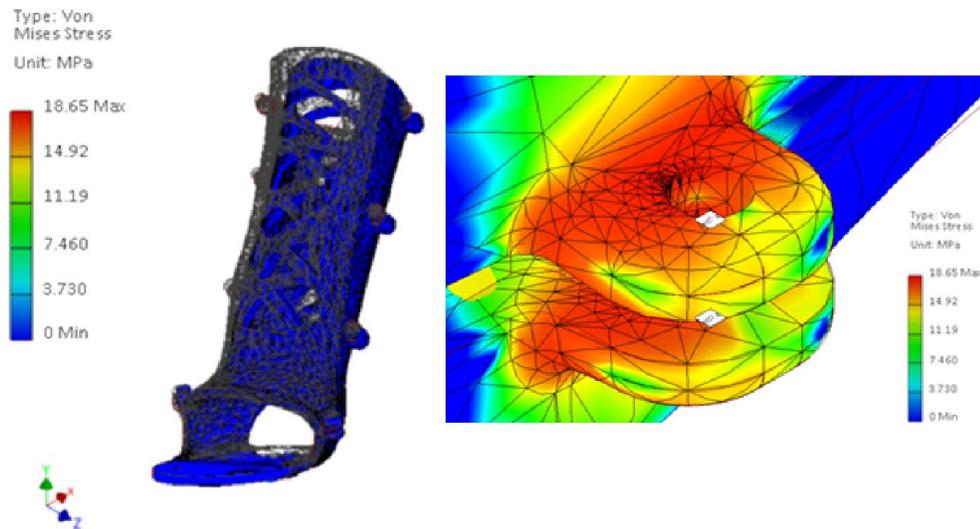
El análisis estructural de la órtesis de inmovilización se llevó a cabo utilizando el método de elementos finitos (MEF). En este análisis, se consideraron las piezas involucradas en el diseño, como la órtesis fabricada con PETG y los tornillos de acero inoxidable.

La simulación realizada fue de tipo estático, considerando que el material es lineal e isotrópico. La carga aplicada correspondió al peso del animal, en este caso, 40 kg. En la *Figura 13*, se mostró

la distribución del esfuerzo equivalente de Von Misses. El esfuerzo generado por el peso del animal fue menor que la resistencia del material, ya que no superó los 18.65 MPa, mientras que la resistencia a la fluencia del PETG fue de 49 MPa. Por lo tanto, cumplió con el factor de seguridad, por lo que, no sufrió deformaciones permanentes.

**Figura 13**

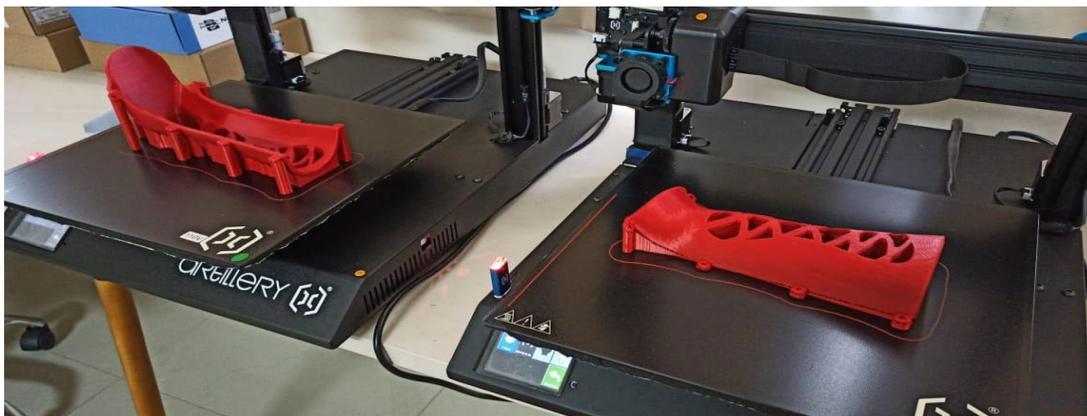
*Distribución de los esfuerzos de Von Misses en las ortesis.*



Para la fabricación del prototipo de la ortesis de inmovilización, se utilizó la tecnología aditiva o impresión 3D, como se ilustra en la *Figura 14*. En la *Figura 15* se aprecia el prototipo final.

**Figura 14**

*Fabricación de la órtesis en una impresora 3D.*



**Figura 15**

*Órtesis de inmovilización de extremidad delantera para perros.*



Es importante destacar que era fundamental para este proyecto desarrollar un dispositivo ortésico de bajo costo. Por tanto, se llevó a cabo un análisis del costo asociado a la construcción del prototipo, considerando los precios de referencia de casas comerciales ubicadas en la ciudad de Ibarra. Los resultados de este análisis se presentan en la *Tabla 2*.

**Tabla 2**

*Presupuesto para fabricación del prototipo*

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Cantidad	Costo (USD)
8	Tornillo Allen M4 x 10mm - cabeza plana	8,00	0,14 pza	1,12
1	Filamento PETG	25,00	0,25 Kg	6,25
1	Neopreno	1,00	4,00 pza	4,00
1	Ensamblado y calibrado	2,00	1,00 serv.	2,00
1	Servicio eléctrico y depreciación de maquinas	1,00	2,50 serv	2,50
			<b>Total</b>	<b>USD 15,87</b>

### 3.5. Trabajos Futuros

Una vez completada la fase actual del proyecto, se vislumbran varias direcciones para futuras investigaciones y desarrollos.

- **Evaluación de la Durabilidad:** Un aspecto crucial que planeamos abordar en futuros trabajos es la evaluación del tiempo de durabilidad de la órtesis para perros. Esto implicará pruebas exhaustivas para determinar la resistencia y longevidad del dispositivo en condiciones de uso real.

- **Estudios de Rehabilitación:** Nos proponemos realizar estudios comparativos entre nuestra ortesis y otras opciones disponibles en el mercado, incluyendo pruebas con materiales técnicos de impresión 3D (Nailon, TPE, TPU, TPC y Fibra de carbono). Estos estudios evaluarán la efectividad de nuestra ortesis en el proceso de rehabilitación de perros afectados por lesiones o condiciones musculoesqueléticas.
- **Experimentación en Individuos:** Como se mencionó anteriormente, la siguiente fase de nuestro proyecto involucra pruebas con 20 individuos caninos. Este experimento nos permitirá recopilar datos valiosos sobre la aceptación, comodidad y efectividad de nuestra ortesis en un entorno práctico.
- **Iteración del Diseño:** Basándonos en los resultados obtenidos de las pruebas experimentales, planeamos iterar en el diseño de la ortesis para optimizar su funcionalidad y desempeño. Esto incluirá ajustes en la forma, el tamaño, los materiales y otros aspectos relevantes del diseño.
- **Validación Clínica:** Una vez finalizado el proceso de iteración del diseño, buscamos llevar a cabo estudios de validación clínica en colaboración con profesionales veterinarios. Estos estudios garantizarán que nuestra ortesis cumpla con los estándares requeridos en términos de seguridad, eficacia y beneficio clínico para los pacientes caninos.

## Conclusiones

Se incorporó el uso de programas de diseño, ingeniería y fabricación asistida por computadora en el proceso de diseño, lo que permitió una metodología combinada que consideró aspectos estéticos, económicos y funcionales. Esto tiene el potencial de impulsar la innovación de productos en el mercado nacional, ya que se pueden realizar simulaciones previas a la construcción del prototipo para visualizar su comportamiento en servicio en un tiempo reducido.

Se logró desarrollar una propuesta de diseño que cumplió con los parámetros establecidos y utilizó materiales disponibles en el mercado nacional, lo que garantizó que el dispositivo sea accesible en cuanto a su costo, que es inferior a \$20. El diseño propuesto para la ortesis de inmovilización se basa en un concepto sencillo y utiliza mecanismos de sujeción adaptados a la morfología del animal, lo que favorece una mejor adaptación y comodidad para el perro.

El diseño pretende contribuir significativamente a los procedimientos de inmovilización realizados por veterinarios, ahorrando tiempo y reduciendo la molestia para el animal durante la inserción del dispositivo.

## Referencias

- Antoñana, J., García, B., y Megía, A. (2019). Developing a smart 3D printed canine orthosis. *Actas del IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), United Arab Emirates*, 246-251. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9001854>
- Arízaga, X. (2019). *Desarrollo de órtesis (férula) de tobillo y pie obtenido mediante técnica de escaneo, análisis CAD/CAE y prototipado rápido en 3D* [Tesis de posgrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20909>
- Cortes, M. (2013). *Inmovilizador para extremidades anterior en canino, con incapacidad temporal causada por fracturas simples, a bajo costo* [Tesis de grado, Universidad Católica de Pereira]. Repositorio Universidad Católica de Pereira. <http://hdl.handle.net/10785/1976>
- Cusco, B. (2018). *Desarrollo de un sistema electrónico para controlar la trayectoria en el escaneo 3D de extremidades del cuerpo humano con una cámara Kinect* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16426>
- Herrera, L. (2019). *Diseño y desarrollo de una férula de miembro superior escaneada e impresa en 3D* [Tesis de grado, Universidad de Valladolid]. Trabajos Fin de Grado UVA. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/37756>
- Herrera, M., Joya, J., y Villegas, D. (2020). Síntesis y modelado de un mecanismo para corrección de displasia de cadera en perros de raza mediana y grande. *UIS Ingenierías*, 19(4), 279-286. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020023>
- Megía, A., García, B., y Antoñana, J., (2021). Desarrollo de una órtesis canina sensorizada mediante fabricación aditiva. *Dyna*, 96(2), 150-153. <https://doi.org/10.6036/9640>
- Mesa, A. (2020 ). *Disseny i fabricació de fèrules per a gats amb impressió 3D* [Tesis de grado, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona]. UPCommons. <http://hdl.handle.net/2117/330240>
- Murakami, S., Harada, Y., y Hara, Y. (2021). Alterations in the ground reaction force of dogs during trot after immobilization of the stifle joint: An experimental study. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83(2), 297-303. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0249>
- Nacevilla, M. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de control sobre una adaptación de órtesis veterinaria para la rehabilitación de rodilla en caninos de la fundación PAE* [Tesis doctoral, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14858>.
- Pascual, I. (2019). *Diseño de órtesis para la rehabilitación de las extremidades delanteras en canes* [Tesis de grado, Universitat Politècnica de València]. Repositorio Institucional UPV. <http://hdl.handle.net/10251/127971>

- Rocha, J. (2019). *Dog Soul: Discapacidad física canina* [Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Trabajos de Grado de Pregrado. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/9834>
- Rubio, A. (2011). *Diseño de órtesis económica para perros con displasia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco* [Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar]. Studocu. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-nacional-abierta-y-a-distancia/algebra-lineal/rubio-ana-presentado/39502087>
- Segnini, J., Vergara, M., y Provenzano, S. (2017). Prospectiva para el diseño y fabricación de una ortesis impresa en 3D. En M. Vergara, M. Díaz, F. Rivas y m. Restrepo (Eds.), *Diseño de dispositivos de rehabilitación y órtesis* (págs. 153-175). Centro de Publicaciones.
- Segnini, J., Fernández, M., Velasco, J., y Vergara, M. (2022). Órtesis de inmovilización impresos en 3D para perros: revisión sistemática de la literatura. *Revista ODIGOS*, 3(3), 27-40. <https://doi.org/10.35290/ro.v3n3.2022.636>
- Suarez, O., León, J., Castro, D., y Velásquez, A. (2019). Diseño de un sistema de perfilación de férulas mediante el escaneo 3D de muñeca, brazo y tobillo para fines de impresión 3D. *Infometrica*, 2(1), 94-113. <http://www.infometrica.org/index.php/syh/article/view/70>
- Torres, B., Fu, Y., Sandberg, G., y Budsberg, S. (2017). Pelvic limb kinematics in the dog with and without a stifle orthosis. *The American College of Veterinary Surgeons*, 46(5), 642–652. [doi:10.1111/contra.12634](https://doi.org/10.1111/contra.12634)
- Wagoner, A., Allen, M., Zindl, C., Litsky, A., Orsher, R., y Ben, R. (2018). Evaluating Stiffness of Fibreglass and Thermoplastic Splint Materials and Inter-fragmentary Motion in a Canine Tibial Fracture Model. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 31(3), 176-181. [doi:10.1055/s-0038-1637744](https://doi.org/10.1055/s-0038-1637744)
- Zambonino, J. (2019). *Diseño de férulas para tratamientos traumatológicos en canes que necesiten inmovilización mediante un estudio zoométrico* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/13174>
- Segnini, Vergara y provenzano [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=segnini%2C+vergara%2C+provenzo&btnG=#d=gs\\_cit&t=1716505272420&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3APtUnM7LHWNIJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D4%26hl%3Des](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=segnini%2C+vergara%2C+provenzo&btnG=#d=gs_cit&t=1716505272420&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3APtUnM7LHWNIJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D4%26hl%3Des)

Copyright (2024) © José Miguel Segnini Maizo, Karen Dayana Imbago Arevalo, Mary Josefina Vergara  
Paredes



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia – Texto completo de la licencia](#)



# Análisis de los procesos de vinculación con la sociedad en el marco de la educación superior a través de redes complejas; caso de estudio: Universidad Católica de Cuenca

## *Analysis of the processes of linking with society in the framework of higher education through complex networks; case study: Catholic University of Cuenca*

Fecha de recepción: 2024-05-07 Fecha de aceptación: 2024-05-30 Fecha de publicación: 2024-06-10

**Santiago Moscoso Bernal**<sup>1</sup>

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

[smoscoso@ucacue.edu.ec](mailto:smoscoso@ucacue.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-7647-1111>

**Cristina Alexandra Pulla Abad**<sup>2</sup>

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

[cristina.pulla.81@est.ucacue.edu.ec](mailto:cristina.pulla.81@est.ucacue.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-3186-8227>

**Wilson Rene Minchala Bacuilima**<sup>3</sup>

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

[wminchalab@ucacue.edu.ec](mailto:wminchalab@ucacue.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0008-5803-9449>

**Orlando Álvarez Llamosa**<sup>4</sup>

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

[oalvarezll@ucacue.edu.ec](mailto:oalvarezll@ucacue.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9311-8344>

## RESUMEN

La investigación hizo un análisis de los procesos que abarcan la función sustantiva de vinculación con la sociedad mediante redes complejas en el contexto universitario. El estudio analizó la relación entre los procesos del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) y los estándares de acreditación propuestos por el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES) Ecuador en el año 2019 respecto a esta función. La metodología empleada combinó enfoques cualitativos y cuantitativos. En la parte cualitativa, se realizó una revisión sistemática del origen y conceptualización, desglosando los procesos en actores, tareas, entradas, salidas y niveles de decisión. En el análisis cuantitativo, se construyeron y analizaron redes complejas que representaron visual y estructuralmente la función sustantiva de vinculación con la sociedad, permitiendo una comprensión profunda de su dinámica y efectividad. Como conclusión, se identificaron los procesos críticos y las evidencias del modelo de acreditación que demandan más recursos y presentan mayor complejidad dentro del ejercicio de la vinculación con la sociedad. Se determinó que el uso de redes complejas contribuye a la toma de decisiones basadas en datos tangibles para la eficiencia y eficacia de los procesos en las universidades que mejoren los niveles de calidad.

**PALABRAS CLAVE:** educación superior, calidad educativa, vinculación con la sociedad, gestión por procesos, redes complejas

## ABSTRACT

This research focuses on the analysis of the processes that encompass the substantive function of linking with society through complex networks. The study has been developed at the Catholic University of Cuenca (UCACUE), through which the relationship between the processes of the Quality Management System (QMS) and the accreditation standards proposed by the Quality Assurance Council of Higher Education (CACES) Ecuador in 2019 regarding this function. The methodology used combines qualitative and quantitative approaches; In the qualitative part, a systematic review is carried out on the origin and conceptualization, breaking down the processes into actors, tasks, inputs, outputs and decision levels; In quantitative analysis, complex networks are built and analyzed that visually and structurally represent the substantive function of linking with society, allowing a deep understanding of its dynamics and effectiveness in the university context. As a main conclusion, the critical processes and evidence of the accreditation model that demand more resources and present greater complexity within the exercise of linkage with society were identified; This shows that the use of complex networks contributes to decision-making based on tangible data for the efficiency and effectiveness of processes in universities that favor increasing quality levels.

**KEYWORDS:** higher education, educational quality, linking with society, process management, complex networks

## Introducción

La preocupación por mejorar la calidad en las universidades está en constante aumento, involucrando a todos los sectores: gobierno, instituciones académicas, profesores, graduados, estudiantes y la sociedad en general. Esta preocupación ha generado un esfuerzo continuo por reexaminar y optimizar tanto las actividades cotidianas como los procesos académicos y administrativos dentro de las instituciones de educación superior. Como resultado, se han actualizado planes de estudio, diseñado o rediseñado programas de carreras, implementado la formación y capacitación continua del profesorado, mejorado y fortalecido la infraestructura física y tecnológica, fomentado la investigación y la innovación, priorizado el bienestar y éxito estudiantil, promovido la internacionalización y, finalmente, establecido vínculos con la industria y la comunidad basados en el principio de pertinencia (Domínguez y Lozano, 2005). Another quality certifying and management systems have been established. To many training institutions, this framework has brought as consequence a higher necessity to homologate or certify their programs with some quality system. However, training is a different service and needs specific patterns or at least less special adaptations to be, besides an image, a real improvement process of training and development of participant people in those training actions. On this framework, the quality concept is polysemous but also full of intentionality. In this work we defend a model of quality based on the transference of learning and the social impact of training, which fundamental aim must be the fight against the inequality and the training like second opportunity. The model we propose, model VERO (Organizacional Verification; Moscoso Bernal y Vizuela, 2022).

El alcance de la presente investigación se centró en los procesos que abarcan la función sustantiva de vinculación con la sociedad, a través del modelado mediante redes complejas para el caso de estudio de la Universidad Católica de Cuenca (UCACUE). El estudio se basó en el principio de eficiencia y eficacia en la operación de los procesos alineados a las fuentes de información y elementos fundamentales del Modelo de Acreditación del CACES.

Esta investigación se enfocó en analizar y optimizar los procesos relacionados con la función sustantiva de vinculación con la sociedad en la Universidad Católica de Cuenca (UCACUE). Utilizando el modelado de redes complejas, se pretendió evaluar y mejorar la eficiencia y eficacia de estos procesos. La investigación se basó en el Modelo del CACES. Para llevar a cabo el estudio, se integraron diversas fuentes de información y se consideraron elementos clave del modelo de acreditación con el fin de garantizar que las actividades de vinculación de la universidad no solo cumplan con los estándares establecidos, sino que también aporten un valor significativo tanto a la institución como a la comunidad que la rodea. Esto implicó un análisis detallado de los flujos de información de los procesos de la función sustantiva y su emparejamiento con las evidencias previstas en el modelo.

El alcance de esta investigación abarcó múltiples dimensiones de la función de vinculación. Por un lado, se examinaron los aspectos administrativos y operativos que facilitan o dificultan la implementación de programas y proyectos de vinculación. Por otro, se analizaron los resultados e impactos de estas actividades en términos de beneficios para la comunidad y de desarrollo institucional. Este enfoque integral permitió identificar áreas de mejora y proponer estrategias



innovadoras que potencien la capacidad de la UCACUE para responder a las necesidades y expectativas de su entorno social.

El objetivo de la investigación fue analizar la articulación, complejidad y aporte de los procesos y procedimientos que contemplan la vinculación con la sociedad dentro de la UCACUE con: los estándares, elementos fundamentales y fuentes de información propuestos por el organismo de control de la calidad en el Ecuador.

### **1.1 Orígenes de la vinculación con la sociedad**

La vinculación con la sociedad como función sustantiva de la Educación Superior tiene sus raíces en varios movimientos históricos y filosóficos que han moldeado la relación entre las universidades y la comunidad en general. En la Antigua Grecia, la educación superior, especialmente en las academias platónicas, se enfocaba no solo en la enseñanza y la investigación, sino también en el desarrollo del individuo y su relación con la sociedad. Durante el Renacimiento, el humanismo promovió la idea de que la educación debía servir para el mejoramiento de la sociedad, abogando por una formación que preparara a los ciudadanos para participar activamente en la vida pública (Rueda et al., 2020).

En el siglo XVIII, la Ilustración fortaleció la idea de que la educación debía contribuir al progreso social y al bienestar público, y las universidades comenzaron a ver su rol más allá de la simple transmisión de conocimientos. En el siglo XIX, el modelo de la universidad de investigación alemana (Humboldt) y el modelo de la universidad de tierra (land-grant) en Estados Unidos subrayaron la importancia de la investigación aplicada y la extensión universitaria como medios para contribuir al desarrollo económico y social (Brito et al., 2018).

Los movimientos sociales y las reformas educativas del siglo XX, especialmente en América Latina, pusieron un énfasis significativo en la vinculación con la sociedad. Las universidades comenzaron a adoptar una postura más activa en la solución de problemas sociales y en la promoción del desarrollo comunitario. Diversas declaraciones y conferencias internacionales, como la Conferencia Mundial sobre la Educación Superior de la UNESCO en 1998 y 2009, han resaltado la importancia de la responsabilidad social de las universidades.

Finalmente, en muchos países, las leyes y regulaciones educativas han formalizado la vinculación con la sociedad como una de las funciones esenciales de las universidades. Estas normativas suelen incluir directrices para la extensión universitaria, la educación continua y la transferencia de conocimiento. Así, la vinculación con la sociedad ha evolucionado a través de una combinación de influencias filosóficas, movimientos sociales, modelos educativos y políticas gubernamentales, consolidándose como un pilar fundamental en la misión de las universidades contemporáneas (Moscoso Bernal, et al., 2023).

### **1.2 Conceptualización de la vinculación con la sociedad**

En este contexto, el desafío de las instituciones de educación superior ha sido forjar vínculos con la comunidad, lo cual permite que éstas se incluyan en un ambiente social y logren ser

parte fundamental del progreso. El autor Lemoine et al., (2020) ha definido la vinculación con la sociedad como el medio que permite a las instituciones de educación superior interactuar con su entorno, con una comunidad, de manera coordinada, eficaz y eficiente; además, en la que interactúa con otras funciones sustantivas como la docencia e investigación (Chávez, 2016).

Las instituciones de educación superior generan una relación con la sociedad, la vinculación contribuye al desarrollo integral de la sociedad y a la mejora de la calidad académica. La importancia de esta relación se expone de la siguiente manera: *i) transferencia de conocimientos*: la colaboración entre universidades y la sociedad genera nuevos conocimientos. Las universidades aportan con la innovación en conocimientos que permite resolver problemas sociales con el apoyo de tecnologías y procesos nuevos, *ii) innovación y desarrollo*: la vinculación con la sociedad facilita la cooperación entre académicos, estudiantes y la comunidad. Aporta al crecimiento económicos y mejora la competitividad global, *iii) formación de profesionales*: la interacción directa con la sociedad permite a los estudiantes universitarios obtener experiencias prácticas, aplicar conocimientos y desarrollar habilidades relevantes para el entorno laboral, *iv) solución de problemas*: las universidades al incluirse en un entorno social, abordan problemas y contribuye a la resolución de desafíos comunitarios, y *v) fomento de la responsabilidad social*: la vinculación con la sociedad fortalece la responsabilidad social de las instituciones académicas, al contribuir a la formación de la sociedad (Brito et al., 2017).

En el contexto ecuatoriano, la vinculación con la sociedad representa un aspecto fundamental y un pilar central en la Educación Superior. La vinculación social ha sido clave para las instituciones académicas, siendo una de las funciones sustantivas en el quehacer universitario, siendo la llamada a cumplir un rol importante en la formación de los profesionales que se desempeñen en el campo laboral (Simbaña y Correa, 2017). Además, esta función busca establecer relaciones y colaboraciones entre la academia y la sociedad, lo cual permite generar un impacto social, cultural, económico y tecnológico. Su relevancia está respaldada por el marco normativo establecido por el CACES.

El organismo regulador de la calidad en el Ecuador ha desarrollado estándares específicos para evaluar y garantizar la calidad en todas las funciones sustantivas incluyendo a la vinculación con la sociedad. Estos estándares se han convertido en referencias fundamentales para las universidades ecuatorianas, lo que destaca la importancia de su cumplimiento.

La vinculación con la sociedad en Ecuador abarca una amplia gama de actividades, desde la planificación de proyectos hasta su ejecución y la evaluación de resultados. La alineación con los estándares del CACES se ha vuelto esencial para asegurar que estas actividades cumplan con los requisitos de calidad y generen un impacto positivo en la sociedad (Moreira et al., 2017; Moscoso Bernal et al., 2021).

### 1. 3 Sistemas y Redes complejas

En el ámbito universitario, los sistemas y redes complejas desempeñan un papel crucial en la gestión eficiente y eficaz de las instituciones educativas. Estos sistemas abarcan desde la infraestructura tecnológica que soporta la enseñanza, la vinculación y la investigación. La



implementación de sistemas complejos permite la automatización de procesos académicos y administrativos, mejorando la gestión de recursos y la toma de decisiones basadas en datos (Cordón, 2013).

Enfatizando, las redes complejas se definen como sistemas compuestos por conjuntos de nodos entrelazados por relaciones o enlaces, cuya estructura exhibe propiedades no triviales emergentes de la interacción entre sus componentes. Dichos sistemas suelen exhibir rasgos distintivos, tales como una distribución no uniforme de conexiones, la presencia de nodos altamente conectados y la formación de patrones o agrupamientos conocidos como clusters (San Miguel et al., 2005).

Las redes complejas contribuyen a comprender la estructura y dinámica de diversos sistemas como las interacciones sociales, las redes biológicas y las relacionadas con la infraestructura tecnológica (Mulet, 2006) especialmente sus diferencias con las redes aleatorias. Discutimos algunos de los problemas físicos más estudiados en relación a las redes complejas en especial algunos vinculados a las Ciencias de la Computación y presentamos algunas preguntas aún abiertas en el tema. Finalmente, proponemos algunas perspectivas de investigación futura en este tema.

**Abstract.** In this work we make a short introduction to the subject of Complex Networks. We describe its most important characteristics, mainly their differences with random networks. We also discuss some of the most studied physical problems related with these networks, especially those related with the Computer Sciences and we present some open questions. Finally we propose some perspectives for further research.

**Introducción** Un grafo puede definirse de manera simple usando dos conjuntos. A uno lo llamaremos el conjunto de los vértices  $V$ , y al otro el conjunto de los ejes  $E$  a cada par de vértices le haremos corresponder un eje. A la unión de estos conjuntos  $(V, E)$ . Para la presente investigación, la complejidad de estas redes radica en la diversidad y dinámica de las interconexiones entre los procesos de la universidad y los elementos fundamentales del modelo de acreditación, pudiendo simular el comportamiento colectivo de la organización; es decir, modela las interacciones sociales y académicas que tienen lugar dentro del ecosistema universitario (Moscoso Bernal et al., 2024).

La comprensión y análisis de estas redes mediante enfoques de teoría de redes permiten identificar patrones, detectar comunidades y optimizar la difusión de información, lo que resulta fundamental para el desarrollo estratégico de las instituciones de educación superior en un mundo cada vez más interconectado (Aldecoa, 2012). El estudio de estas, permite visualizar y comprender la estructura y dinámica de los procesos y evidencias, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la optimización de los procedimientos (Moscoso Bernal, et al., 2023).

Las redes complejas se componen de nodos y enlaces, donde los nodos representan elementos del sistema y los enlaces indican las relaciones entre ellos. Al respecto, Molina y Rivero, (2012) indicaron que el análisis de redes complejas se basa en medidas como la centralidad, modularidad y densidad de la red, que proporcionan información valiosa sobre la importancia de los nodos, la agrupación de elementos afines y la conectividad general del sistema.

Uno de los beneficios clave del análisis de redes complejas es la capacidad para identificar procesos críticos, es decir, aquellos que desempeñan un papel central en la estructura global de la red. Estos procesos críticos son esenciales para el cumplimiento de los estándares de calidad y,

por lo tanto, merecen una atención especial en la gestión y evaluación. Además, la modularidad de la red permite identificar grupos cohesivos de procesos afines, lo que facilita la gestión por áreas temáticas y la asignación de recursos de manera más efectiva (Aya, 2019).

## Metodología

La metodología empleada adoptó un enfoque mixto combinando aspectos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión integral de la vinculación con la sociedad. En la parte cualitativa, se realizó una exhaustiva revisión sistemática de la información sobre el origen y la conceptualización de la función sustantiva motivo de estudio, posterior a ello, se desglosaron los procesos en sus componentes clave como actores, tareas, entradas, salidas y niveles de decisión, entre otros. Posteriormente, se procedió a articular las salidas de este proceso con las evidencias que conformaron la función sustantiva de vinculación, según el modelo del CACES 2019 aplicado a un caso particular de una institución de educación superior de Ecuador como es la Universidad Católica de Cuenca.

Por otro lado, en el análisis cuantitativo se evaluó la importancia de dichos procesos en relación con su contribución para alcanzar los objetivos del modelo de acreditación, a través de la valoración de expertos. Finalmente, se procedió a la construcción y análisis de redes complejas, las cuales representaron de manera visual y estructurada la función sustantiva de vinculación con la sociedad permitiendo así una comprensión profunda de su dinámica y efectividad en el contexto universitario. Este enfoque permitió comprender la complejidad y eficiencia de los procesos en esta IES<sup>1</sup> en cuanto a su contribución a los requerimientos de evaluación y acreditación del organismo rector de la calidad (CACES).

El trabajo se efectuó sobre el mapa de procesos de la UCACUE, que contempla 19 macroprocesos, analizando específicamente el macro proceso de vinculación con la sociedad que pertenece a los procesos operativos. Este está conformado a su vez por los siguientes procesos: gestión de programas y proyectos, ejecución de convenios, seguimiento y evaluación de proyectos de vinculación con la sociedad y gestión de prácticas pre profesionales.

Posterior a ello, se determinó una tabla de doble entrada donde las filas corresponden a las evidencias del modelo de acreditación del CACES y las columnas responden a los procesos antes detallados.

Para la construcción de las redes complejas en el eje de vinculación, en primera instancia se llevó a cabo una articulación entre las dos variables de estudio: i) procesos del sistema de gestión de calidad de la Universidad Católica de Cuenca, y mi) con los elementos fundamentales y las fuentes de información del modelo de acreditación del modelo de evaluación externa de Universidades y Escuelas Politécnicas 2019. Esta relación se representó en una tabla de doble entrada, que permitió identificar los procesos que se relacionan con cada fuente de información y su nivel de contribución en una escala del 0 al 10 donde, 10 corresponde a una puntuación máxima y 0 una

---

1 IES: Institución de Educación Superior

puntuación mínima. La tabla fue elaborada en colaboración con expertos, para garantizar su precisión y relevancia de los procesos a las fuentes de información.

Posterior a ello se construyeron redes complejas para los tres estándares que componen el eje de vinculación con la sociedad: planificación, ejecución y resultados (estándares 12, 13 y 14), para lo cual se utilizó el software Estudio, el cual permitió obtener las métricas estadísticas y graficar las redes.

Luego de ello, se realizó un análisis cuantitativo a través de la determinación de componentes estadísticos que se obtuvieron del análisis de las redes complejas como:

- i. **Número de nodos**, que son los elementos o componentes de la red.
- ii. **Número de enlaces** entre los nodos, que son las conexiones entre cada elemento de la red.
- iii. **Caminos**, que están expresados como la secuencia de nodos en el que cada uno es adyacente al siguiente.
- iv. **Conectividad**, determina si todos los nodos están conectados a la red.
- v. **Centralidad**, medida que hace referencia a la importancia de los vértices o actores.
- vi. **Modularidad**, con la cual se mide la calidad de una partición concreta de una red en comunidades y
- vii. **Densidad**, que representa como los grupos de nodos están densamente conectados y presentan conexiones dispersas entre sí (Moscoso et al., 2021)

Finalmente, a través del análisis producto de las redes se definieron cuáles procesos tienen mayor grado de complejidad y que demandan la mayor cantidad de recursos (personas, tiempo, etc.) para recomendar estrategias y toma de decisiones que permitan optimizar y agilizar los mismos.

## Resultados

En el contexto del Sistema de Gestión de Calidad de la Universidad Católica de Cuenca, se ha identificado 19 macro procesos que lo conforman, y a su vez estos están compuestos por 139 procesos.

Se ha llevado a cabo un análisis de los tres estándares que conforman la función sustantiva de vinculación con la sociedad. Las redes complejas resultantes se representaron mediante cuadrados para los procesos y círculos para las evidencias del modelo de acreditación. Además, las subredes generadas se distinguen por colores específicos. El tamaño de los cuadrados y círculos reflejó el grado de complejidad o la necesidad de recursos: en el caso de los procesos (cuadrados), se refiere a la operatividad, y en el caso de las evidencias (círculos), a su implementación.

Adicionalmente, se construyeron diagramas de redes bipartitas que evidencian las relaciones entre los procesos y las evidencias, unidos mediante conectores. El tamaño de cada nodo representó el

grado de complejidad para su funcionamiento en el caso de los procesos y para su obtención en el caso de las evidencias.

Finalmente, luego de las operaciones matemáticas necesarias se obtuvieron los estadísticos descriptivos más relevantes de cada una de las redes que fueron: número de nodos, número de enlaces, conectividad, centralidad, modularidad, densidad.

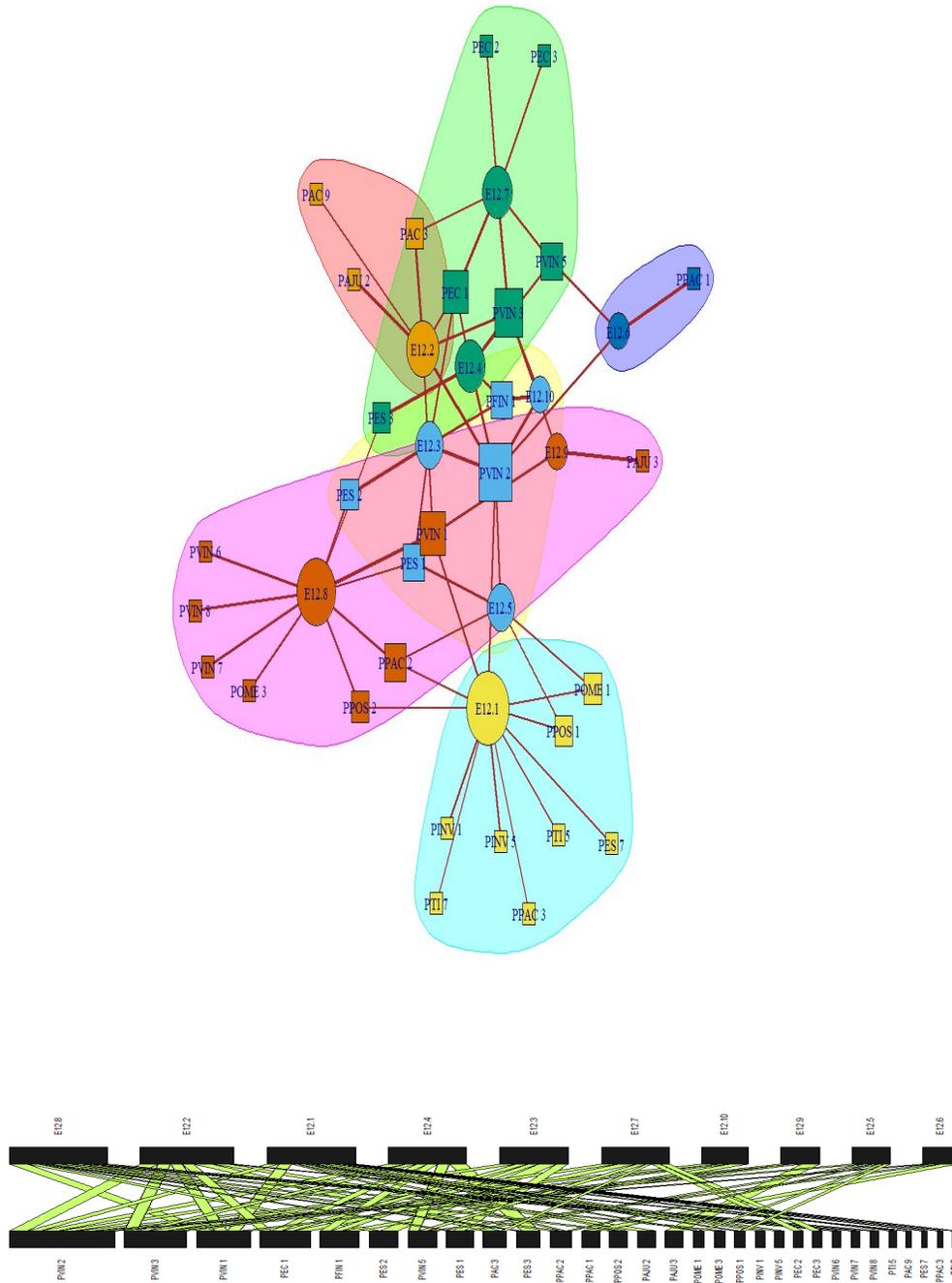
### **3.1 Estándar 12: Planificación de los procesos de vinculación**

La institución cuenta con normativa y/o procedimientos, aprobados y vigentes, y con instancias responsables, para planificar, dar seguimiento y evaluar los programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad, coherentes con su modelo educativo, y que le permiten generar respuestas a los requerimientos y necesidades del entorno desde sus dominios académicos (Consejo de Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación, 2019).

Del análisis de expertos se evidenció que 30 de ellos tienen injerencia para dar salida a las fuentes de información que componen este estándar. A través de la herramienta informática utilizada, se construyó la siguiente red compleja que conforman seis subredes representadas. En la *Figura 1* se evidencia el diagrama de la red compleja como el diagrama de red bipartita.

**Figura 1**

*Red Compleja y Bipartita del Estándar 12.*



De lo anterior, se evidencia que los procesos más complejos el PVIN 2 (Planificación de la Vinculación), PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación) y PVIN 1 (Gestión de Prácticas Preprofesionales), y las evidencias que más demandan fueron E12.8 (Documentos que muestren la planificación y las estrategias de la institución para la realización de prácticas preprofesionales y de posgrado cuando corresponda), E12.2 (Normativa y/o procedimientos que rigen la vinculación con la sociedad) y E12.1 (Modelo educativo).

#### **4.2 Estándar 13. Ejecución de los procesos de vinculación**

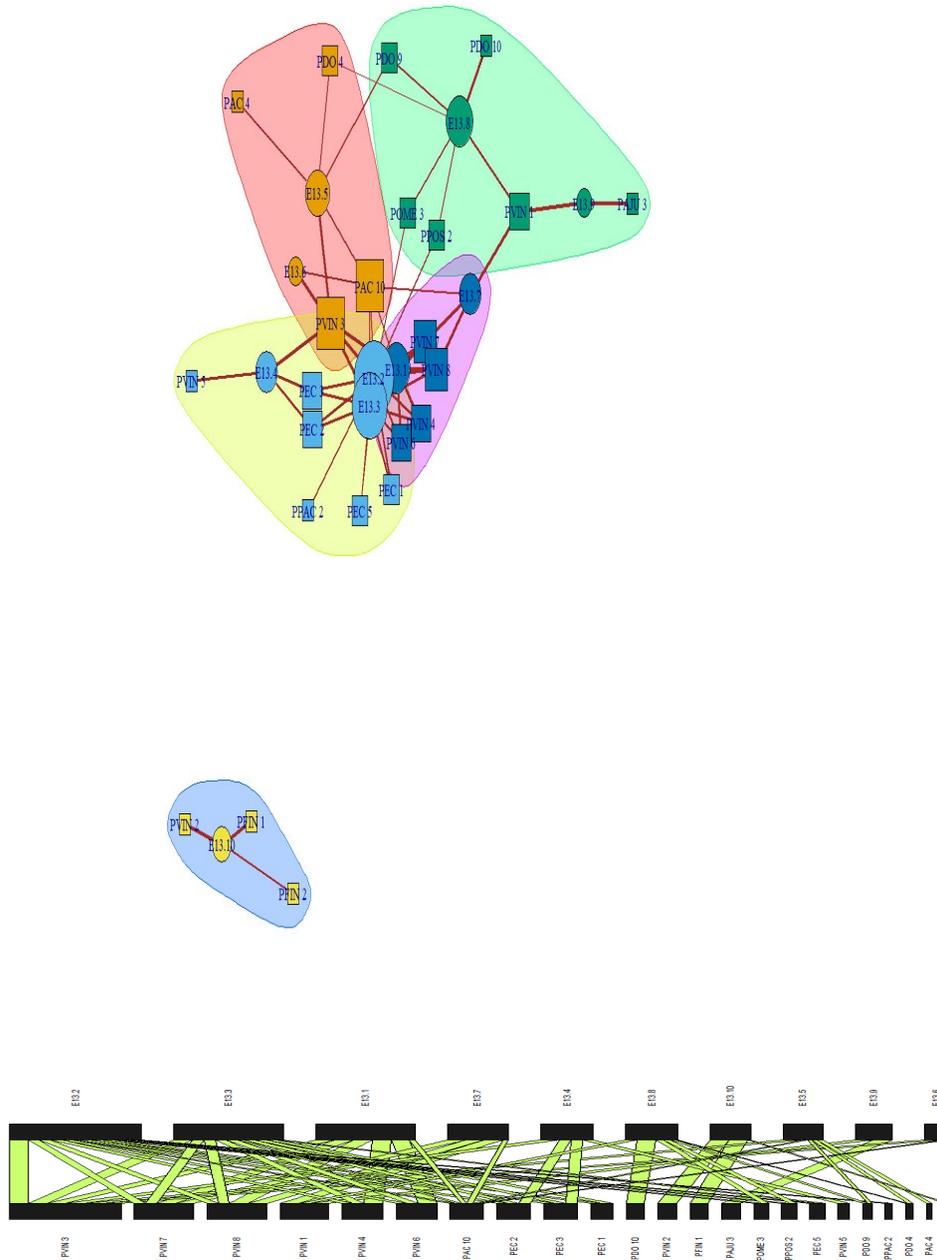
La institución ejecuta los programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad, articulados a sus dominios académicos, con la participación de profesores, estudiantes y actores involucrados; da seguimiento y los evalúa, a través de instancias responsables (Consejo de Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación, 2019).

En el estándar 13, un total de 23 procesos contribuyeron a obtener las diferentes fuentes de información contempladas. Con la herramienta informática empleada, se ha construido la siguiente red compleja que consta de cinco subredes representadas, existe una subred aislada de este subsistema. En la *Figura 2*, se muestra tanto el diagrama de la red compleja como el diagrama de la red bipartita.



**Figura 2**

*Red Compleja y Bipartita del estándar 13.*



De lo anterior, se puede evidenciar que los procesos más complejos el PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación), PVIN 7 (Consultorio Jurídico) y PVIN 8 (UDIPSAI) y las evidencias que más demandan son E13. 2 (Programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad en ejecución, según facultad y/o carrera, y según estado (inicio, intermedio, cierre, detenido o cancelado),

E13.3 (Programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad en ejecución y finalizados en el periodo de evaluación, según la participación de actores externos: comunidades, organizaciones, instituciones públicas y/o privadas.), E13.1 (Tres programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad realizados por la institución que sean considerados relevantes).

#### **4.3 Estándar 14. Resultados de los procesos de vinculación**

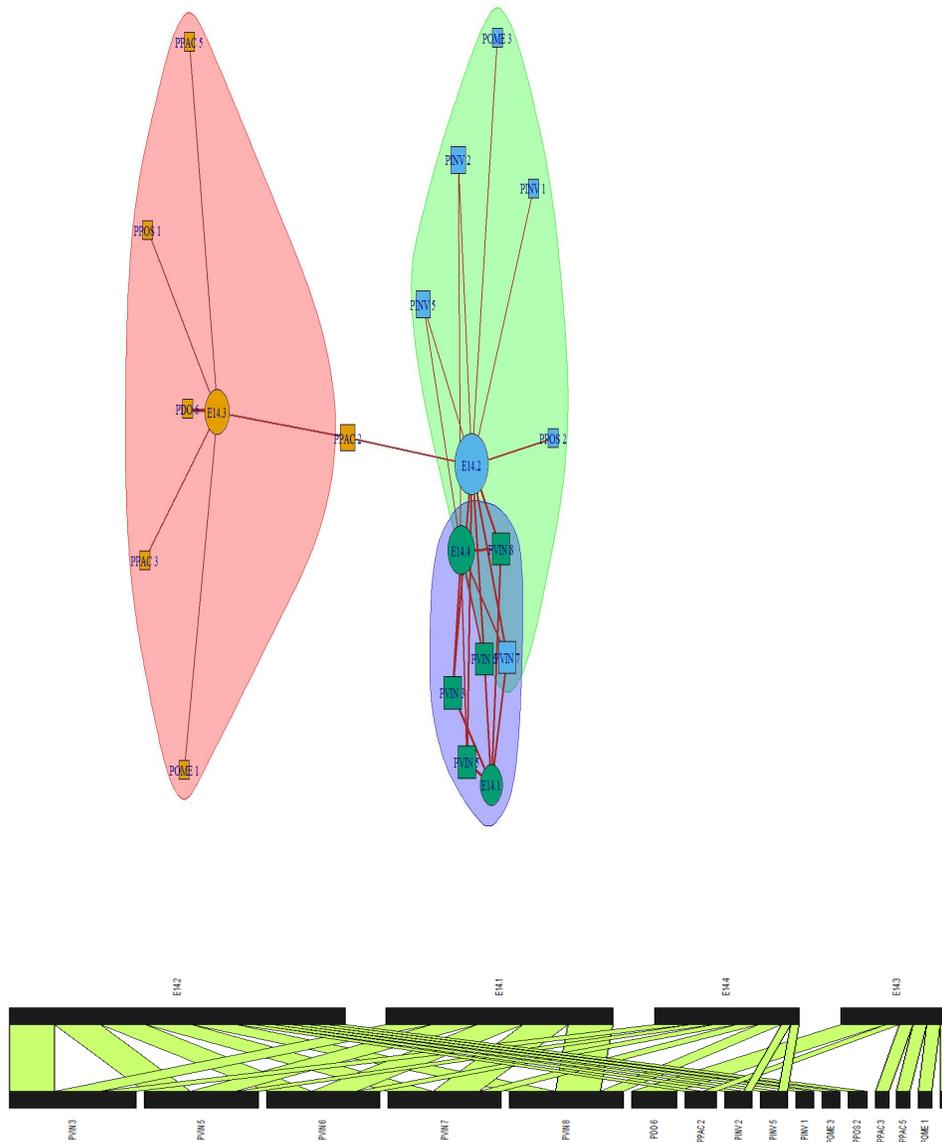
Los resultados obtenidos de los programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad, cumplen los objetivos planificados y han generado respuestas a los requerimientos y necesidades del entorno (Consejo de Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación, 2019).

En el estándar 4, un conjunto de 16 procesos se adecuó y cumplieron satisfactoriamente con las directrices establecidas. Estos hallazgos fueron indicativos de la alineación del Sistema de Gestión de Calidad basado en procesos con el estándar establecido por el CACES en el ámbito de la Educación Superior. Sin embargo, demostraron también los procesos que no se ajustan a los estándares que corresponden a la función sustantiva vinculación con la sociedad.

En el estándar 14, un total de 16 procesos contribuyen a obtener las diferentes fuentes de información contempladas. Mediante la herramienta informática empleada, se ha construido la siguiente red compleja (ver *Figura 3*), que consta de tres subredes representadas.

**Figura 3**

*Red Compleja y Bipartita del Estándar 14.*



De lo anterior, se puede evidenciar que los procesos más complejos el PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación), PVIN 5 (Investigación Formativa) y PVIN 6 (Clínicas Odontológicas) y las evidencias que más demandan son E14. 2 (Documentos que evidencien las contribuciones de los programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad a los procesos de enseñanza-aprendizaje, y a las líneas y/o proyectos de investigación.), E14.1 (Informes de evaluación de programas y/o proyectos que finalizaron o informes de fases culminadas que incluyan las

contribuciones a las necesidades o requerimientos del entorno.), E14.4 (Programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad nuevos o reformulados en función de los resultados de la vinculación con la sociedad).

Los estadísticos descriptivos calculados más relevantes para cada uno de los estándares pueden observarse en la *Tabla 1*.

**Tabla 1**

*Estadísticos Descriptivos de las Redes Complejas de los Estándares 12, 13 y 14.*

Estadístico descriptivo	Estándar 12	Estándar 13	Estándar 14
Conectancia	0.2000	0.2391	0.4531
Modularidad	0.4709	0.4350	0.2575
Número de evidencias	10.0000	10.0000	4.0000
Número de procesos	30.0000	23.0000	16.000

## Conclusiones

Actualmente, las universidades buscan diversos métodos y estrategias para fortalecer su gestión. Este artículo propuso y demostró que la elaboración y análisis basados en redes complejas pueden mejorar significativamente la eficiencia de dicha gestión.

La gestión por procesos presenta actualmente diversas ventajas como eficiencia operativa, mejora de calidad, mayor flexibilidad, transparencia, satisfacción del cliente, toma de decisiones basada en datos, innovación y mejora continua. Este modelo de gestión no se limita a las industrias de manufactura, sino que también se aplica al sector educativo. En este contexto, el modelo de acreditación del CACES se basa en tres dimensiones fundamentales: planificación, ejecución y resultados para cada una de las funciones sustantivas.

El análisis realizado resaltó la alineación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la Universidad Católica de Cuenca con los estándares establecidos por el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES) en la función sustantiva de vinculación con la sociedad. Es evidente que una parte significativa de los procesos se alinea con estos estándares, lo cual es fundamental para asegurar la calidad en la vinculación con la sociedad.

Las dimensiones de Planificación, Ejecución y Resultados revelaron procesos críticos y evidencias clave que son fundamentales para cumplir con los estándares establecidos. Este análisis resaltó la importancia crítica de una gestión efectiva en estas áreas para garantizar niveles superiores de calidad. Es imprescindible prestar especial atención a una planificación precisa, una ejecución eficiente y la consecución de resultados tangibles para asegurar el cumplimiento de los estándares y alcanzar una calidad excepcional. Esto implica una estrecha articulación entre: i) los procesos entre sí, ii) la interacción entre actores, y iii) la alineación de la salida de los procesos con las evidencias de los modelos de acreditación, con el fin de evitar el desperdicio de recursos y la realización de tareas repetitivas.

El modelado de redes complejas proporcionó una visión enriquecedora de la interconexión de los procesos y evidencias, lo que puede ayudar en la toma de decisiones informadas y la optimización de procesos futuros mediante el uso de sus estadísticos tanto a nivel de red como a nivel de nodos.

La investigación concluyó que los procesos más complejos para el estándar 12 fueron PVIN 2 (Planificación de la Vinculación), PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación) y PVIN 1 (Gestión de Prácticas Preprofesionales). Las evidencias más demandadas son E12.8 (Documentos de planificación y estrategias para prácticas preprofesionales y de posgrado), E12.2 (Normativa y procedimientos de vinculación con la sociedad) y E12.1 (Modelo educativo).

Para el estándar 13, los procesos más complejos fueron PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación), PVIN 7 (Consultorio Jurídico) y PVIN 8 (UDIPSAI2). Las evidencias más demandadas son E13.2 (Programas y proyectos de vinculación en ejecución, clasificados por facultad, carrera y estado), E13.3 (Programas y proyectos en ejecución y finalizados durante el periodo de evaluación, con participación de actores externos) y E13.1 (Tres programas o proyectos de vinculación destacados realizados por la institución).

Finalmente, para el estándar 14, los procesos más complejos fueron PVIN 3 (Gestión de Proyectos de Vinculación), PVIN 5 (Investigación Formativa) y PVIN 6 (Clínicas Odontológicas). Las evidencias más demandadas fueron E14.2 (Documentos que muestren cómo los programas y proyectos de vinculación contribuyen a la enseñanza, el aprendizaje y la investigación), E14.1 (Informes de evaluación de programas o proyectos finalizados, que incluyan sus contribuciones al entorno) y E14.4 (Nuevos programas y proyectos de vinculación o reformulados según los resultados obtenidos).

Es crucial que las universidades identifiquen los procesos críticos en términos de complejidad para desarrollar estrategias que permitan su optimización y simplificación. Además, deben tomar decisiones sobre los procesos que no contribuyen significativamente o no se alinean con los modelos de acreditación, ya que estos generan burocracia y no aportan valor agregado a la institución. Esta investigación pretendió demostrar que el uso de redes complejas puede contribuir a una toma de decisiones más acertada, fortaleciendo así la gestión en las universidades.

### **Información complementaria:**

Este trabajo de investigación fue desarrollado en el Laboratorio de Gestión de Calidad Educativa del Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología de la Universidad Católica de Cuenca – Ecuador como una contribución en el desarrollo del conocimiento y la mejora en la calidad educativa, dentro del Proyecto de Investigación “Modelo de Gestión para Instituciones Educativas del Ecuador que incida en la mejora de la calidad”, con código PIC5P23-08.

## Referencias

- Aldecoa, R. (2012). *Detección de comunidades en redes complejas* [Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional UPV. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/31638>
- Aya, L. (2019). Aportes de los sistemas y redes complejas para la transformación social. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 12(1), 204–216. <https://doi.org/10.22335/rlct.v12i1.1066>
- Brito, L., Quezada, C., y Arzola, L. (2017). La vinculación con la sociedad y la universidad pública en el Ecuador. En L. Brito, C. Quezada, y L., Arzola, *La Universidad y la Vinculación con la sociedad. Una condición impostergable* (págs. 28-53). <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12492>
- Brito, L., Quezada, C., y Arzola, L. (2020). *La Universidad y la Vinculación con la Sociedad. Una condición impostergable*. Ediciones UTMACH.
- Consejo de Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación. (2019). *Modelo de Evaluación Externa de Universidades y Escuelas Politécnicas*. CACES.
- Chávez, G. (2016). Universidad, vinculación con La sociedad y procesos de mejoramiento. *Quipukamayoc*, 24(45). <https://doi.org/10.15381/quipu.v24i45.12456>
- Cordón, O. (2013). Modelo de Redes. En Universidad Pública de Granada (Ed.), *Redes y Sistemas Complejos*. Dpto. Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial.
- Domínguez, G. y Lozano, L. (2005). La calidad, más que una moda, un reto en la Europa de la sociedad del conocimiento: la mejora continua más allá de los modelos y las certificaciones (competencias de un formador que aseguran la calidad). *Revista Complutense de Educación*, 16(1), 57–93. <http://hdl.handle.net/11162/125389>
- Lemoine, F., Carvajal, G., Hernández, N., y Delgado, Y. (2020). Rol y pertinencia en universidades del Ecuador en la actividad de vinculación con la sociedad. *Revista Electrónica Para Maestros y Profesores*, 437–453. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5212>
- Molina, M., y Rivero, D. (2012). Redes complejas. Teoría y práctica. *TLATEMOANI Revista Académica de Investigación*, (11), 1–14.
- Moreira, T., Fleitas, M., Véliz, V., y Vines, C. (2017). La vinculación de la sociedad con los patrones de calidad de universidades ecuatorianas e hispanoamericanas. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 4 (2), 1–22. <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticaayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/29>

- Moscoso Bernal, S., Pozo, E., Cañizares, A., y Álvarez, P. (2021). *Modelos de Autoevaluación Institucional y de carreras*. CESAL.
- Moscoso Bernal, S., y Vizuela, J. (2022). La, Análisis de la actual Ley de Educación Superior de Argentina: reflexiones y propuestas de cambio. *Revista San Gregorio*, 1(49), 202–222. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v0i49.2088>
- Moscoso Bernal, S., Córdova, X., Álvarez, R., Giménez, G., y Poveda, B. (2023). *Hacia una Educación Transformadora: La Búsqueda de la Calidad. Tomo I*. Puerto Madero. <https://puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/pmea/catalog/book/65>
- Moscoso Bernal, S., Pulla, C., Minchala, W., y Castro, D. (2023). La vinculación con la sociedad como factor clave para acrecentar los niveles de calidad en la universidad ecuatoriana. *Debate Universitario*, 13(22), 39–54. <https://doi.org/https://doi.org/10.59471/debate202346>
- Moscoso Bernal, S., Álvarez, O., y Forradelas, R. (2024). Aplicación de modelos de ingeniería industrial en la educación superior : un enfoque desde la gestión de la calidad y gestión por procesos. *South Florida Journal of Development*, 5(2), 452–476. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n2-004>
- Mulet, R. (2006). Redes complejas: una perspectiva simple. *Revista Cubana de Física*, 23(2), 139–141. <https://www.researchgate.net/publication/267719449>
- Rueda, I., Acosta, B., y Cueva, F. (2020). Las Universidades y sus Prácticas De Vinculación Con La Sociedad. *Educação & Sociedade*, 41, 1–16. <https://doi.org/10.1590/es.218154>
- San Miguel, M., Toral, R., y Eguíluz, V. (2005). Redes complejas en la dinámica social. *INGURUAK Revista Vasca de Sociología y Ciencia Política*, 44, 291–308. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2572582>
- Simbaña, H., y Correa, L. (2017). La vinculación con la sociedad en el Ecuador: Reflexiones sobre su itinerario curricular. *Revista Vínculos*, 2(1), 5–12. <https://doi.org/10.24133/rvespe.v2i1.563>

Copyright (2024) © Santiago Moscoso Bernal, Cristina Alexandra Pulla Abad, Wilson Rene Minchala Bacuilima, Orlando Álvarez Llamosa.



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)

# NORMAS DE PUBLICACIÓN REVISTA ODIGOS

La **REVISTA ODIGOS** es una publicación científica de la Universidad Tecnológica Israel, cuya difusión es trianual: febrero, junio y octubre.

El propósito es publicar, en español e inglés, trabajos de investigación científica y desarrollo tecnológico vinculados a las Ciencias de la Ingeniería y Exactas (ciencia y tecnología, computación, física, matemática, telecomunicaciones, electrónica).

Está dirigida a docentes, investigadores y profesionales que estén interesados en la actualización y el seguimiento de los procesos de investigación científico-tecnológica en esta área del conocimiento. Es de acceso abierto y gratuito, e incluye artículos originales de investigación, ensayos y reseñas.

Es importante acotar que las evaluaciones se hacen con pares a doble ciego para garantizar la objetividad y la calidad de las publicaciones.

## 1. ALCANCE Y POLÍTICA

Las aportaciones tienen que ser originales y no haber sido publicados previamente o estar en proceso de revisión de otro medio.

Estas pueden ser mediante:

- **Artículos:** trabajos de naturaleza teórica y empírica con una extensión de entre 12 y 16 páginas, incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), institución, correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos), keywords, introducción, metodología, resultados, conclusiones y referencias bibliográficas.

- **Ensayos:** son revisiones exhaustivas del estado de la cuestión de un tema de investigación reciente y actual justificado mediante la búsqueda sistemática de autores que traten sobre esa problemática. Para esta sección se aceptan trabajos con un máximo de entre 12 y 16 páginas, incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), institución, correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se

aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos), keywords, introducción, desarrollo, debate/discusión/conclusiones y referencias bibliográficas.

- **Reseñas:** consiste en la valoración crítica de un autor, un libro u obra artística en la que se realice una evaluación o crítica constructiva. Tiene una extensión de máximo 12 páginas incluyendo título, resúmenes, descriptores, tablas y referencias.

La estructura a seguir es la siguiente: título, autor (es), correo electrónico de cada autor, código Orcid (<https://orcid.org/>), resumen, palabras clave, abstract (no se aceptarán traducciones provenientes de traductores automáticos debido a su baja calidad), keywords, introducción, desarrollo, debate/discusión/conclusiones y referencias bibliográficas.

## 2. PROCESO EDITORIAL

Se informa a los autores que los trabajos que se publicaran deben respetar el formato de la plantilla establecida y ser enviados exclusivamente por el OJS (Open Journal System): <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/ro>, por esa vía se manejará el proceso de estimación/desestimación y de aceptación/rechazo, así como en caso de aceptación, el proceso de revisión.

En el período máximo de 30 días, a partir de la recepción de cada trabajo, los autores recibirán una notificación. En caso de que el manuscrito presente deficiencias formales o no se incluya en el focus temático de la publicación, el Editor principal o Director Científico desestimarán formal o temáticamente el trabajo sin opción de reclamo por parte del autor. Por el contrario, si presenta carencias formales superficiales, se devolverá al autor para su corrección antes del inicio del proceso de evaluación. Para ello se establecen las siguientes categorías: **aceptado, aceptado con cambios menores, aceptado con cambios mayores, rechazado.**

Se solicita a los autores que una vez recibida la resolución por parte del Editor de la Revista o del Director Científico envíen el documento corregido en no más de 30 días para una segunda revisión, salvo a aquellos autores a quienes se ha notificado su documento como rechazado.

Los manuscritos serán evaluados científicamente, de forma anónima por pares expertos en la temática, con el fin de garantizar la objetividad e independencia de la Revista.

Los criterios de valoración para la aceptación/rechazo de los trabajos por parte del Consejo Editor son los siguientes:

- Actualidad y novedad.
- Relevancia y significación: avance del conocimiento científico.
- Originalidad.
- Fiabilidad y validez científica: calidad metodológica contrastada.
- Organización (coherencia lógica y presentación formal).
- Coautorías y grado de internacionalización de la propuesta y del equipo.



- Presentación: buena redacción.

### 3. PRESENTACIÓN Y ESTRUCTURA DE ORIGINALES

Los trabajos se presentarán en tipo de letra Times New Roman 12, interlineado simple, con alineación a la izquierda y sin tabuladores ni retornos de carros entre párrafos. Solo se separan con un retorno los grandes bloques (autor, título, resúmenes, descriptores, créditos y epígrafes). Los trabajos se presentan en Word para PC. Las normas de citas y bibliografía se basan en APA 7ma edición.

A continuación, se detalla en profundidad como debe desarrollarse el texto académico:

- Nombre y apellidos completos de cada uno de los autores por orden de prelación, el número deberá estar justificado por el tema, su complejidad y su extensión, siendo 4 el máximo. Junto a los nombres ha de seguir la institución, correo electrónico de cada autor y código ORCID.
- Resumen en español con un máximo de 200 palabras, donde se describirá de forma concisa el motivo y el objetivo de la investigación, la metodología empleada, los resultados más destacados y principales conclusiones, con la siguiente estructura: justificación del tema, objetivos, metodología del estudio, resultados y conclusiones. Ha de estar escrito de manera impersonal en tercera persona: “El presente trabajo se analizó...”.
- Abstract en inglés con un máximo de 200 palabras. Para su elaboración, al igual que para el título y los keywords, no se admite el empleo de traductores automáticos. Los revisores analizan también este factor al valorar el trabajo
- De 4-6 palabras clave en español/ 4-6 keywords en inglés.
- Introducción: debe incluir los fundamentos y el propósito del estudio, utilizando citas bibliográficas, así como la revisión de la literatura más significativa proveniente de fuentes válidas y de calidad académica.
- Metodología: Será presentado con la precisión que sea conveniente para que el lector comprenda y confirme el desarrollo de la investigación. Se describirá el enfoque metodológico adoptado, la población y muestra, así como las técnicas seleccionadas.
- Resultados: se realizará una exposición de la información recabada durante el proceso de investigación. En caso de ser necesario los resultados se expondrán en figuras o/y tablas (**Ver plantilla de estilo**).
- Conclusiones: resumirá los hallazgos, relacionando las propias observaciones con otros estudios de interés, señalando aportaciones y limitaciones sin reiterar datos ya comentados en otros apartados.
- Referencias bibliográficas: Las citas bibliográficas deben reseñarse en forma de referencias al texto. No debe incluirse bibliografía no citada en el texto. El número de referencias bibliográficas deben ser como mínimo 12 y máximo 20, cantidad necesaria para contextualizar el marco teórico, la metodología usada y los resultados de investigación. Se

presentarán alfabéticamente por el apellido primero del autor (agregando el segundo solo en caso de que el primero sea de uso muy común, y unido con guion). Debe usarse la norma APA 7ma edición.

- Apoyo financiero (opcional): El Council Science Editors recomienda a los autor/es especificar la fuente de financiación de la investigación. Se considerarán prioritarios los trabajos con aval de proyectos competitivos nacionales e internacionales. En todo caso, para la valoración científica del manuscrito, este debe ir anonimizado con XXXX solo para su evaluación inicial, a fin de no identificar autores y equipos de investigación, que deben ser explicitados posteriormente en el manuscrito final.

#### 4. DERECHOS DE AUTOR

Los autores que participen de los procesos de evaluación y publicación de sus ediciones conservan sus derechos de autor, cediendo a la revista el derecho a la primera publicación, tal como establecen las condiciones de reconocimiento en la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](#) (CC BY), donde los autores autorizan el libre acceso a sus obras, permitiendo que los lectores copien, distribuyan y transmitan por diversos medios, garantizando una amplia difusión del conocimiento científico publicado.

#### 5. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA ENVÍOS

Los investigadores deberán llenar en el OJS la lista de comprobación para envíos. En caso de que no cumpla uno de los requisitos, el autor no podrá subir el archivo. Por ello es necesario que se revisen los siguientes parámetros antes de enviar el documento.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato Microsoft Word.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.
- El texto alineado a la izquierda con tiene interlineado sencillo; letra Times New Roman, 12 puntos de tamaño de fuente.
- El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices para autores](#).
- Si se envía a una sección evaluada por pares de la revista, deben seguirse las instrucciones en asegurar una evaluación anónima.

#### 6. PRÁCTICAS DESHONESTAS: PLAGIO Y FRAUDE CIENTÍFICO

En el caso de que haya algún tipo de infracción contra los derechos de la propiedad intelectual, las acciones y procedimientos que se deriven de esa situación serán responsabilidad de los autores/as. En tal sentido, cabe mencionar las siguientes infracciones graves:



- **Plagio:** consiste en copiar ideas u obras de otros y presentarlas como propias, como por ejemplo el adoptar palabras o ideas de otros autores sin el debido reconocimiento, no emplear las comillas en una cita literal, dar información errónea sobre la verdadera fuente de la cita, el parafraseo de una fuente sin mencionarla, el parafraseo abusivo, incluso si se menciona la fuente.
- **Fraude científico:** consiste en la elaboración, falsificación u omisión de información, datos, así como la publicación duplicada de una misma obra y los conflictos de autoría. **CITACIÓN Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** el sistema de citación y referencias bibliográficas se ajustarán a las American Psychological Association (Normas APA, 7<sup>a</sup>. edición).
- Se respetará de forma tácita el orden de los autores que figure en el documento original enviado.





## UISRAEL - 2024

Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla  
Teléfono: (593) 2 255-5741  
rodigos@uisrael.edu.ec  
Quito - Ecuador

