



# perfiles de INGENIERIA

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma

CIVIL

ELECTRÓNICA

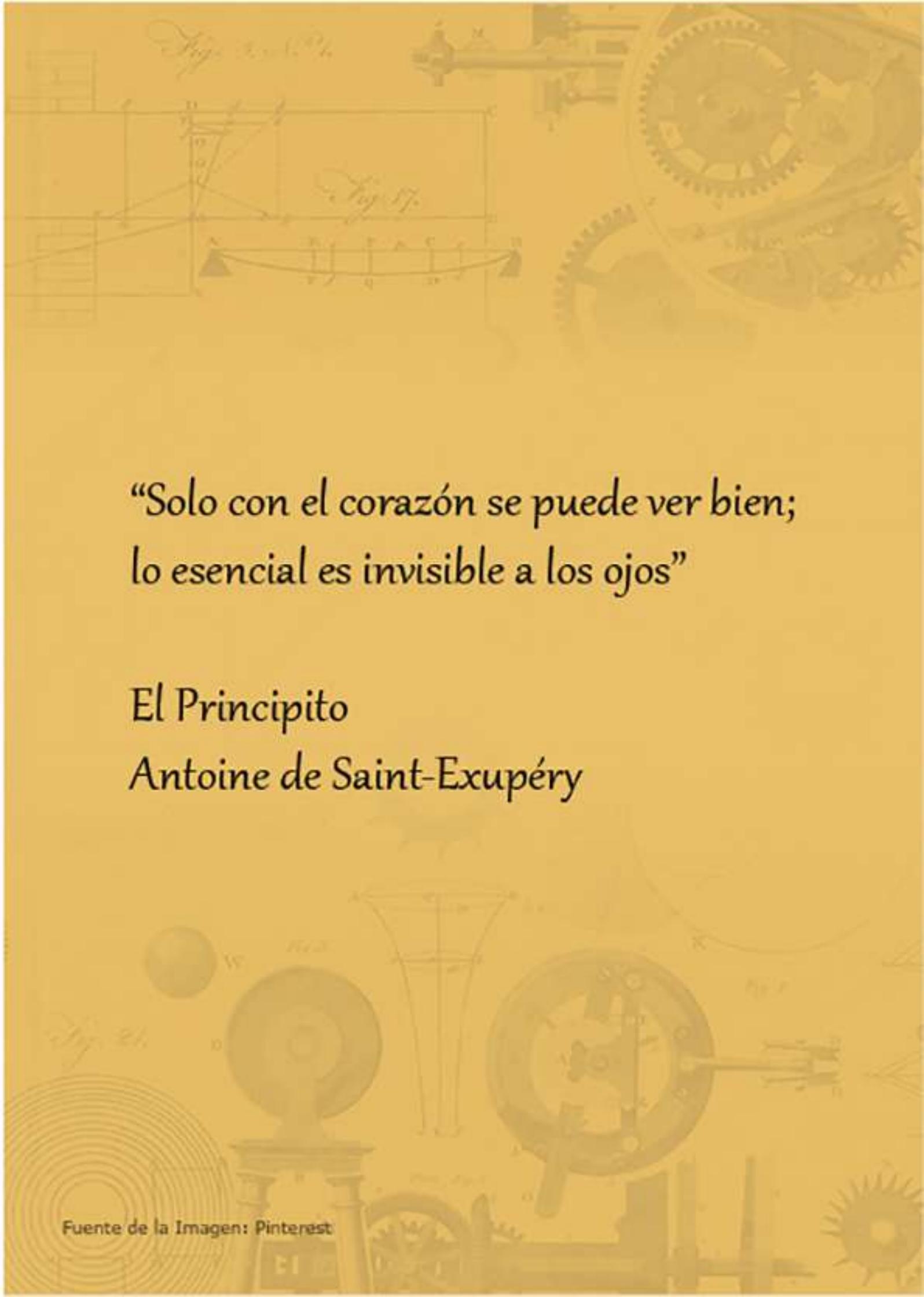
INDUSTRIAL

INFORMÁTICA

MECATRÓNICA

ACREDITADA



The background of the image is a light beige color with a faint, technical drawing overlay. The drawing includes various mechanical components such as gears, levers, and structural frames. Some parts are labeled with handwritten-style text like 'Fig. 17' and 'Fig. 21'. The overall aesthetic is that of a vintage engineering or scientific manuscript.

“Solo con el corazón se puede ver bien;  
lo esencial es invisible a los ojos”

El Principito

Antoine de Saint-Exupéry

# PERFILES DE INGENIERÍA

Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-01985

ISSN impreso 1996-6660 | ISSN online 2519-5719 | DOI: <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria>

Volumen XVIII, N° 18, 2022, Lima-Perú

La revista Perfiles de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma tiene carácter multidisciplinario, y busca difundir investigaciones, proyectos y buenas prácticas del desarrollo de la ingeniería industrial, informática, civil, electrónica y mecatrónica. Está dirigida a jóvenes, docentes, profesionales y público en general interesados en el desarrollo científico y tecnológico comprometido con el desarrollo humano, y el cuidado y sostenibilidad de la vida en todas sus manifestaciones. Es de periodicidad anual. ISSN versión impresa

## AUTORIDADES

### RECTOR

Dr. Iván Rodríguez Chávez

### VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. Félix Romero Revilla

### VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. José Martínez Llaque

### SECRETARIO GENERAL

Dr. Raúl Vidal Coronado

### DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Ing. Santiago Fidel Rojas Tuya

## CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Ing. Santiago Fidel Rojas Tuya

Mg. Miguel Sánchez Bravo

Dr. Carlos Sebastián Calvo

Dr. Francisco Aguilar Vásquez

Mg. Enriqueta Pereyra Salardi

Mg. César Rivera Lynch

Ing. Luis Cuadrado Lerma

Sr. Joel Morales Ramírez

Sr. Renzo Huarcaya Bernales

Sr. Luis Olivos Vilca

*Decano*

*Secretario Académico*

*Miembro*

*Miembro*

*Miembro*

*Miembro*

*Miembro*

*Estudiante*

*Estudiante*

*Estudiante*

## DIRECTORES DE ESCUELAS PROFESIONALES

Civil

Ing. Oscar Donayre Córdova

Electrónica

Mg. Ing. Julio César González Prado

Industrial

Mg. Ing. Carlos Oqueliz Martínez

Informática

Mg. Ing. Eric Villanueva Gonzales

Mecatrónica

Mg. Ing. Demetrio Hugo Mandujano Neyra

## SISTEMA DE ARBITRAJE

Todos los artículos serán sometidos a evaluación de expertos externos mediante el sistema de doble ciego.

## CONSULTA DIGITAL

[http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles\\_Ingenieria](http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria)

Los puntos de vista expresados por los autores son de estricta responsabilidad de ellos y no necesariamente expresan la opinión del Comité Editorial. Por lo tanto, no se asume responsabilidad alguna por el contenido de cada artículo.

Todos los derechos quedan reservados por la Universidad Ricardo Palma. Se puede compartir, publicar, copiar y distribuir el contenido de esta revista con fines académicos no comerciales, siempre y cuando se reconozca y cite correctamente la fuente de origen.

La revista Perfiles de Ingeniería se distribuye

gratuitamente y está disponible en texto íntegro en la [web:](http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria)  
[http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles\\_Ingenieria](http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria)

Esta es una revista Open Access. Perfiles de Ingeniería proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido para facilitar la lectura y su descarga. La reutilización está permitida bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial Internacional:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

La revista Perfiles de Ingeniería se adhiere a las normas y códigos de ética internacionales establecidos por el Committee on Publication Ethics (Code of Conduct and Best Practices Guidelines for Journal Editors, COPE).

Todos los artículos presentados para la Revista Perfiles de Ingeniería pasarán por un sistema de detección de plagio a través de un software especializado (Turnitin) de forma rutinaria.

# ÍNDICE

---

## **Editorial**

Teresa Salinas Gamero, Directora-Editora de la Revista. 9

## **Mensaje del Rector**

Iván Rodríguez Chávez 11

## **Presentación del Decano**

Santiago Rojas Tuya 13

## **INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación de Placas Colaborantes y Fibromac 12 para mejorar la resistencia de las losas en un Centro Comercial de Miraflores, Lima** 15

Haldor Sánchez Hernández; Margarita Murillo Manrique

**Implementación del programa MIVIVIENDA sostenible en un edificio multifamiliar** 35

Gerson Jared Alegría Medina, María Isabel Díaz Yopan, Esther Joni Vargas Chang

## **INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**Beneficios de sistemas biométricos basados en lectura de Iris** 51

Álvaro Visitación Moreno, Fabio Mogollón Reyes, Alberto Mendoza de los Santos

## **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Efectos de la implementación de un SGSI basado en la norma ISO 27001 para las organizaciones** 67

Jamil Alberto Panaqué Dominguez, Yerson Gabriel Lizárraga Caipo. Alberto Mendoza De los Santos

**Modelamiento matemático de flujos utilizando trazadores en plantas de tratamiento de aguas** 75

Carlos Sebastián Calvo, O. Lobato

**Impacto del Covid-19 en la Bolsa de Valores de Lima año 2020: Caso Perú** 91

Christian Tinoco Plasencia, Sixto Córdova Castro, José Luis Cortes Fontcuberta Abucci, Mercedes López Almeida, Mario Herrada Gutiérrez

**Estudio de un aula en la URP para evitar la dispersión del Sars-Cov-2** 105

María Teresa Méndez Landa, Irma Raquel Solís Amanzo

**Las TICs como parte del proceso de auditoría** 115

Augusto Cortez Vásquez, Ronald García Conde, Manuel Cortez Vásquez

**Impacto del Covid-19 en el Comercio Internacional: Caso Perú** 129

Christian Tinoco Plasencia, Pedro Huamaní Navarrete, María Elizabeth Puelles Bulnes, Ye Lu

## **INGENIERÍA INFORMÁTICA**

**Análisis y diseño de un Sistema de Gestión de Portafolio de Proyectos (PPMS)** 139

Erick Leonel García Ibáñez, Luis Eduardo Alvarado Ramírez

## **INGENIERÍA MECATRÓNICA**

- Análisis biomecánico de la distribución de esfuerzos en prótesis articuladas  
médicas aplicada para una prótesis transfemoral** 155  
Santiago Peña Alarcón, Pedro Ruiz Salvador, Manuel Ycarrayme San Miguel,  
Carla Solorzano Cokchi, Robert Castro Salguero
- Planeación y simulación de trayectoria de un robot de 6 grados de libertad  
para soldadura tipo MIG de tanques cilíndricos.** 171  
Paul Ramírez Zamudio, Juan Sánchez Agreda, Ricardo Palomares Orihuela

# ÍNDICE

---

## **Editorial**

Teresa Salinas Gamero, Journal Director-Editor 9

## **Message of Rector**

Iván Rodríguez Chávez 11

## **Presentation of Dean**

Santiago Rojas Tuya 13

## **CIVIL ENGINEERING**

**Application of Collaborating Plates and Fibromac 12 to improve the resistance of the slabs in a Shopping Center in Miraflores, Lima** 15

Haldor Sánchez Hernández; Margarita Murillo Manrique

**Implementation Of *MIVIVIENDA Sostenible* Program in a multifamiliar Building** 35

Gerson Jared Alegría Medina, Maria Isabel Diaz Yopan, Esther Joni Vargas Chang

## **ELECTRONICS ENGINEERING**

**Benefits of biometric systems based on Iris reading** 51

Álvaro Visitación Moreno, Fabio Mogollón Reyes, Alberto Mendoza de los Santos

## **INDUSTRIAL ENGINEERING**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Effects of the implementation of an ISMS based on the ISO 27001 standard for organizations</b>                                      | 67  |
| Jamil Alberto Panaqué Dominguez, Yerson Gabriel Lizárraga Caipo, Alberto Mendoza De los Santos   |     |
| <b>Mathematical modeling of flows by means of tracers in water treatment plants</b>  | 75  |
| Carlos Sebastián Calvo, O. Lobato  |     |
| <b>Impact of Covid-19 on the Lima Stock Exchange Year 2020: Peru Case</b>  | 91  |
| Christian Tinoco Plasencia, Sixto Córdova Castro, José Luis Cortes Fontcuberta Abucci, Mercedes López Almeida, Mario Herrada Gutiérrez |     |
| <b>Impact of Covid-19 on International Trade: Peru Case</b>  | 105 |
| Christian Tinoco Plasencia, Pedro Huamaní Navarrete, María Elizabeth Puelles Bulnes, Ye Lu   |     |
| <b>Study of a classroom in <i>Universidad Ricardo Palma</i> to avoid Sars-Cov-2 spread</b>   | 115 |
| María Teresa Méndez Landa, Irma Raquel Solís Amanzo  |     |
| <b>ICTs as part of the Audit Process</b>   | 129 |
| Augusto Cortez Vásquez, Ronald García Conde, Manuel Cortez Vásquez   |     |

## **INFORMATICS ENGINEERING**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Analysis and Design of a Project Portfolio Management System (PPMS)</b> | 139 |
| Erick Leonel García Ibáñez, Luis Eduardo Alvarado Ramírez                  |     |

## **MECHATRONICS ENGINEERING**

- Biomechanical analysis of stress distribution in medical articulated prostheses  
ampliad for a transfemoral prosthesis** 155  
Santiago Peña Alarcón, Pedro Ruiz Salvador, Manuel Ycarrayme San Miguel,  
Carla Solorzano Cokchi, Robert Castro Salguero
- Planning and simulation of a Six Degree Of Freedom Robot for MIG Type  
Welding of Cylindrical Tanks** 171  
Paul Ramirez Zamudio, Juan Sánchez Agreda, Ricardo Palomares Orihuela



---

## Editorial

---

**L**a humanidad vive una de la crisis más grave de su historia debido a los estragos de la pandemia multidimensional del Covid-19, además de la crisis ecológica, económica, la guerra entre Rusia y Ucrania, entre otros problemas que incrementan las incertidumbres sobre un futuro sostenible para la humanidad. En el Perú, se viven los efectos de la crisis global acentuada por la inestabilidad política, la corrupción, las crisis económica y sanitaria, así como los graves conflictos sociales. Esperamos que se abran espacios para el diálogo y se puedan superar los graves problemas que tiene el país.

Las crisis que enfrentamos nos deben llevar a reflexionar sobre la educación y las maneras en que podríamos contribuir, desde la universidad, para la formación de valores y de modelos de pensamiento que permitan interactuar de manera integral y cabal con el mundo. Para Edgar Morin, un pensamiento lineal y fragmentado es incapaz de comprender la dinámica compleja de la condición humana y, por lo tanto, prescinde del amor, y del respeto a la vida y la naturaleza. Este tipo de pensamiento tiene por norma la razón instrumental que solo promueve la destrucción de nuestro medio y de nosotros mismos. Por eso, en la Universidad Ricardo Palma, y muy especialmente en la Facultad de Ingeniería, formamos seres humanos que sean capaces de construir una cultura de paz y comprometidos con el cuidado de la vida en todas sus manifestaciones.

Nunca como hoy ha sido tan importante y necesario que se imponga una racionalidad ética humanista para superar la grave crisis que enfrentamos. Una racionalidad que no olvide los valores milenarios de la reciprocidad, la honradez, la solidaridad, el amor y la ayuda mutua.

La Facultad de Ingeniería cumple un rol importante en el desarrollo del Plan Ambiental para el desarrollo sostenible que impulsa la Universidad Ricardo Palma en las dimensiones de gestión, formación, proyección social e investigación para lograr que nuestros estudiantes se comprometan con el cuidado de la vida y del ambiente. La URP está entre las cinco mejores universidades del país según el ranking universitario sobre la dimensión ambiental que emite cada año el Ministerio del Ambiente.

En esta edición de nuestra revista *Perfiles*, presentamos artículos de las carreras de ingeniería civil, electrónica, industrial, mecatrónica e informática, las mismas que plantean interesantes propuestas para abordar y solucionar los diferentes problemas locales y nacionales.

Expresamos nuestro reconocimiento al Dr. Santiago Rojas Tuya, decano de la Facultad de Ingeniería, por su apoyo para impulsar esta publicación. Nos complace, también, agradecer al Dr. Iván Rodríguez Chávez, rector de la Universidad Ricardo Palma, por su valioso apoyo institucional, y a todos los miembros del comité editorial, evaluadores pares, Consejo Nacional Consultivo y Consejo Consultivo Internacional, por su compromiso con la presente edición, así como a los autores de los artículos que hacen posible la publicación.

Mg. Teresa Salinas Gamero  
Directora-Editora de la Revista



## Mensaje del Rector

**M**e complace presentar un nuevo número de la revista *Perfiles de Ingeniería*, que evidencia la calidad de las publicaciones y del quehacer académico de la facultad. Nuestra universidad ha ido adquiriendo una identidad académica y tiene un sello característico. La autonomía universitaria en el ejercicio de la creación y difusión del conocimiento por parte de alumnos y docentes se desarrollan en un ambiente de libertad donde se gestan e interactúan todas las corrientes del pensamiento. Nuestro principal objetivo es la educación integral para la vida y el trabajo. Por



eso, formamos seres humanos para una cultura de paz, listos para ofrecerle al país profesionales con valores éticos e íntegras personas. Nuestra universidad es reconocida por combinar el quehacer científico con una preocupación humanista de fondo.

La Facultad de Ingeniería cuenta con todas las acreditaciones nacionales e internacionales que reconocen su calidad académica, las mismas que deberán ser renovadas con éxito en los siguientes años. A nivel nacional, ha recibido acreditaciones del Instituto de Calidad y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería y Tecnología (ICACIT) y de la

Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). Asimismo, a nivel internacional, la más prestigiosa acreditación que se otorga a nivel mundial en el ámbito de las ingenierías, la Accreditation Board of Engineering and Technology (ABET), le fue concedida. Nuestros convenios con otras universidades y organizaciones educativas de los cinco continentes manifiestan la calidad académica de nuestra facultad. El trabajo de nuestros alumnos, docentes y egresados son la mejor muestra de la excelencia académica de la facultad. Y eso es justamente lo que se evidencia en esta edición de la revista *Perfiles de Ingeniería*.

Felicito al decano, el doctor Santiago Rojas Tuya y al nuevo Consejo de Facultad, y les deseo los mejores éxitos en su gestión. Mis felicitaciones también al comité editorial, a los autores de los artículos por la labor cumplida y los comprometo a seguir trabajando en bien de la facultad y la universidad, y asumir los desafíos que plantea los graves problemas que afecta al país. Solo de ese modo, avanzaremos en la construcción de un país más humano, justo y sostenible.

Dr. Iván Rodríguez Chávez  
Rector de la URP

## Presentación del Decano

**L**a Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, luego de seis años de obtener el licenciamiento otorgado por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU), la acreditación internacional ABET de EE.UU, del Instituto de Calidad y Acreditación de Carreras Profesionales de Ingeniería y Tecnología Acreditadora (ICACIT), y el



reconocimiento del Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa(SINEACE), en el año 2023 tendrá que relicenciarse ante la SUNEDU con nuevas y más exigentes condiciones de calidad. Asimismo, se reacreditará ante la ICACIT y ABET con nuevas exigencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la calidad de las investigaciones, que incluye el trabajo de investigación para obtener el grado de bachiller.

Puesto que la investigación y sus respectivas publicaciones es una de las funciones esenciales de la universidad, no solo a nivel docente, sino también a nivel estudiantil, la revista *Perfiles de ingeniería* se hace presente con artículos de investigación producidos en los últimos tres años. En este periodo, tuvimos que adecuar las modalidades de enseñanza y aprendizaje a la virtualidad, luego retornamos a la completa presencialidad de manera gradual. Esta doble transición estuvo marcada por la mejora continua, lo que

permitió que las investigaciones interdisciplinarias de nuestra facultad no se interrumpieran y culminaran con éxito.

En la presente edición de la revista *Perfiles de ingeniería*, se incluyen artículos de las cinco escuelas profesionales que componen la Facultad. Han sido escritos tanto por docentes como por estudiantes a través de los talleres internos. Además, se incluye un artículo de investigación interdisciplinaria que, esperamos, se incrementarán paulatinamente gracias a investigaciones realizadas por el trabajo colaborativo entre diferentes facultades. Así, creemos que será posible leer en el futuro trabajos que vinculen la ingeniería y la arquitectura, la ingeniería con la medicina y la biología, así como la ingeniería y las microempresas (FACEE). Dentro de algún tiempo, incluso podemos esperar que estas colaboraciones no solo integren facultades de nuestra universidad sino también a otras casas de estudio.

Los próximos cuatro años estarán marcados por investigaciones, y congresos nacionales e internacionales en los que participarán los estudiantes de las diferentes ramas de la ingeniería, así como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), el Instituto Americano del Concreto (ACI), CI Vial (Civil), y Gestión de Operaciones de Ingeniería Industria (IEOM), además de otras agrupaciones de estudiantes. En ese mismo camino, se seguirá fortaleciendo las investigaciones de los docentes y estudiantes, lo que incrementará el número de trabajos incluidos en RENACYT y se le otorgará sostenibilidad al proyecto de la Universidad Ricardo Palma.

Agradezco y felicito a todos los estudiantes, docentes y a los integrantes del equipo de la revista *Perfiles de Ingeniería* que hicieron posible la presente edición.

Dr. Ing. Santiago Fidel Rojas Tuya  
Decano  
Facultad de Ingeniería



# Aplicación de Placas Colaborantes y Fibromac 12 para mejorar la resistencia de las losas en un Centro Comercial de Miraflores, Lima

*Application of Collaborating Plates and Fibromac 12 to improve the resistance of the slabs in a Shopping Center in Miraflores, Lima*

Haldor Sánchez Hernández<sup>1</sup> Margarita Murillo Manrique<sup>2</sup>

RECIBIDO: 07 de julio del 2022

ACEPTADO: 01 de setiembre del 2022

## RESUMEN

La investigación fue motivada por los diversos materiales que actualmente se comercializan para la mejora de los indicadores del concreto de losas. En este sentido, el objetivo describe y explica la colocación de las placas colaborantes, la dosificación y el fisuramiento en las losas colaborantes y de qué manera la Fibromac12 aporta resistencia al concreto de las losas en el estacionamiento de un centro comercial en Miraflores, Lima. El método de la investigación es la revisión de material bibliográfico, manuales y protocolos de calidad para determinar la aplicación de las placas colaborantes sobre la estructura existente y el comportamiento de la resistencia del concreto de las losas debido al Fibromac12, a partir de la actividad de uso del estacionamiento del centro comercial. Los resultados encontrados evidencian que la colocación de las placas presenta tres apoyos típicos A, B y C, definidos en el manual constructivo; respecto a la dosificación y

## ABSTRACT

The present research aims to describe and explain the placement of the collaborating plates, the dosage and the cracking in the collaborating slabs and how Fibromac12 provides resistance in the concrete of the slabs in the parking lot of a shopping center in Miraflores -Lima. The procedure for the investigation considered the review of bibliographic material, manuals and quality protocols to determine the application of the collaborating plates

fisuramiento se determinó que el Fibromac12 mejoró en 21% la calidad del concreto; finalmente, las fisuras se clasificaron según su espesor y patrón, lo que nos permitió evaluar estos con más detenimiento. Las conclusiones establecen que las placas colaborantes requieren ser colocadas con un apoyo mínimo de 12 mm para el tipo A y de 40 mm para el apoyo tipo B. La dosificación del concreto que incorpore 71 gramos de Fibromac12 por bolsa de cemento incrementa la calidad del concreto a los 28 días, lo que mejora su resistencia, en promedio, un 21%. Y, con respecto al fisuramiento, no se encontraron patrones de fisuras por contracción plástica, por lo que el Fibromac12 sí lo estaría controlando.

**Palabras clave:** losas colaborantes, placa colaborante, dosificación, fisuras, fibromac12

on the existing structure and the behavior of the concrete resistance of the slabs due to Fibromac12, considering the activity of use of the downtown parking. The results found show that the placement of the plates presents three typical supports A, B and C defined in the construction manual; Regarding dosage and cracking, it was determined that Fibromac12 improved the quality of the concrete by 21%, finally the cracks were classified according to their thickness and pattern, which allowed us to

<sup>1</sup> Estudiante de la asignatura Taller de Investigación en Ingeniería I Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma. <[haldor.sanchez@urp.edu.pe](mailto:haldor.sanchez@urp.edu.pe)>

<sup>2</sup> Ingeniera Electricista de la Universidad Nacional del Callao, Doctora en Educación, Magister en Gestión y Docencia Universitaria - UCV, estudios de postgrado en Ingeniería de Sistemas UNI, Bachiller Profesional en Electricidad y Electrónica- ESEP-José Pardo. Doctora Honoris Causa por la UNDAC. Metodóloga en el programa TITES-FI-URP. Docente de las asignaturas de Metodología de Investigación en Ingeniería, Taller de Investigación en Ingeniería I. Docente en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Docente RENACYT [P0039523](https://orcid.org/0000-0003-2580-0082) <https://orcid.org/0000-0003-2580-0082> Scopus Author ID: 57211356705. <[margarita.murillo@urp.edu.pe](mailto:margarita.murillo@urp.edu.pe)>

determine the cracking patterns. The conclusions establish that the collaborating plates need to be placed with a minimum support of 12 mm for type A and 40 mm for type B support. The concrete dosage incorporating 71 grams of Fibromac12 per bag of cement increases the concrete quality at 28 days, improving on average

21% of its resistance and with respect to cracking, no plastic shrinkage cracking patterns were found, so Fibromac12 is controlling this type of cracking.

**Key words:** deck slabs, steel deck, dosage, cracks, fibromac12

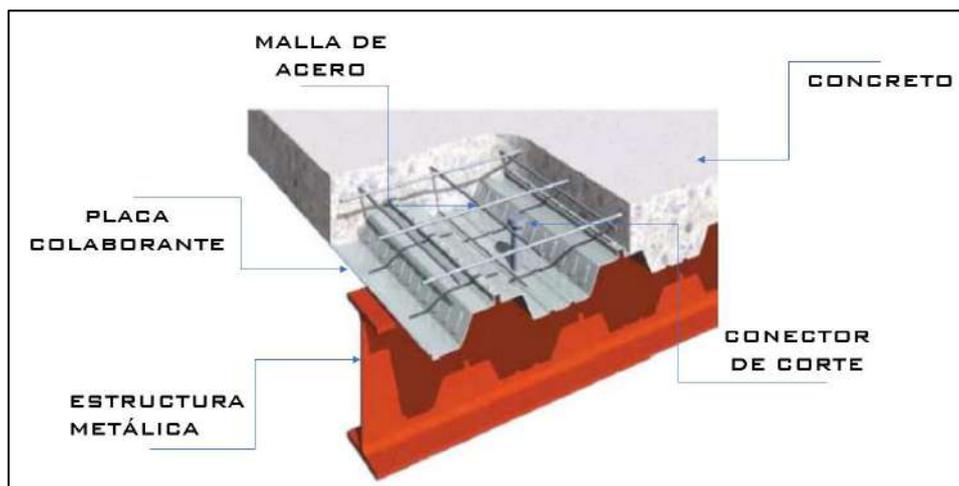
## 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación, en su desarrollo, describe la evolución de los sistemas de entrepiso de las estructuras. Según [1], esta tecnología de losas colaborantes surge como una alternativa a las clásicas losas macizas y aligeradas, debido a sus diversas ventajas como los cortos tiempos de instalación, menor cantidad de materiales, menor peso, entre otros, que hacen de este sistema una opción muy recomendada. Esta es la razón que nos motiva a investigar y analizar la forma de la instalación actual de las placas colaborantes y evaluar su colocación para asegurar su funcionamiento sobre la estructura existente, así como evaluar si la Fibromac12 aporta resistencia en el concreto de las losas, en función a las necesidades del tipo de uso de las estructuras. Buscamos que los resultados obtenidos sirvan de base para incentivar a mejores diseños y mayor criterio al momento de utilizar este sistema constructivo. El objetivo fue determinar la situación del sistema constructivo de losas colaborantes en base a los referentes teóricos, investigaciones realizadas y los requerimientos normativos en la construcción civil, a fin de asegurar el correcto comportamiento de la nueva estructura en este caso aplicada en los estacionamientos.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### a. Sistema de Losas Colaborantes

El sistema de losa colaborante es conocido por su nombre tecnológico como láminas de acero formadas en frío (Steel Deck). Este forma parte de un sistema de losas de entrepiso y de cubierta que incorpora una losa de concreto reforzada vaciada sobre láminas y que actúa de manera monolítica conformando una sección compuesta. Como consecuencia, la lámina tiene la propiedad de actuar como refuerzo de la losa, por lo que se le conoce como lámina colaborante. En este sentido, [1] considera que el sistema se puede utilizar en edificios donde la estructura principal está hecha de concreto o de acero y, además, debe conectarse adecuadamente a las vigas principales de apoyo para servir de diafragma estructural. Adicionalmente, [1] explica que el sistema puede apoyarse convenientemente sobre muros estructurales de concreto armado o muros de mampostería. Por tanto, en la figura 1, se muestra el esquema general del sistema estructural de entrepiso Steel Deck y se visualiza el concreto, la plancha colaborante, el acero de refuerzo, conectores de corte y la viga de apoyo; además de las losas mixtas y el comportamiento mecánico.



**Figura 1.** Partes de la losa colaborante [1]

## b. Concreto

Respecto al concreto, [7] lo define como un material constituido por la mezcla con ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y, opcionalmente, aditivos. Su presentación inicial denota una estructura plástica y moldeable que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo cual hace que sea un material ideal para la construcción.

## c. Fibras

Respecto a las fibras, [10] los describe como materiales que tuvieron usos estructurales similares al concreto como el adobe, la tapia pisada y los morteros de cal, entre otros.. Estas fibras, conocidas como fibras vegetales, son de uso obligado en la tapia pisada y el adobe debido a que les ayudan a asumir esfuerzos de tensión y le confieren así un mayor monolitismo (no fisuración) a los elementos. Al respecto del uso de las fibras naturales como un componente en materiales de relleno o aglomerantes, no es nueva su aplicación, sino que se remonta varios años atrás. Así, existen referencias de experimentación con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos). En [11], se señala que el uso más extendido de las fibras como un componente adicional en materiales aglomerantes fue en elementos como tejas o prefabricados de asbesto-cemento. De aquí viene el análisis para el caso de las fibras de asbesto que confiere al material el monolitismo y la resistencia a la tensión propiedades que se buscan en el concreto. Sin embargo, por consideraciones de salud, estas fibras de asbesto han sido sustituidas por otras de diferentes materiales que no tienen ningún efecto sobre la salud humana.

Por tanto, respecto a las fibras que son fabricadas industrialmente, [12] lo describe como un material sintético y de acero con bajo contenido de carbono, por lo que la incorporación de las fibras tanto sintéticas como metálicas en el concreto se puede realizar antes o durante el mezclado de los materiales utilizados en la producción del mismo. Asimismo, [12] recomienda que las fibras para la producción del concreto reforzado se dosifiquen con base a las recomendaciones técnicas de los fabricantes y esta se considere  $\text{kg/m}^3$  como medida; de acuerdo con la dosificación utilizada se puede requerir de plastificantes, ya que una alta dosificación de fibras puede reducir el revenimiento del concreto.

Finalmente, de acuerdo con [11], las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, (ASFM 1116, EN 14889, EN 14889-2). En la actualidad, se emplean principalmente dos tipos de clasificación: Fibras de acuerdo al material y fibras por funcionalidad, geometría y dosificación.

c.1 Respecto a las fibras de acuerdo al material, [11] los divide en las siguientes:

- **Fibras metálicas:** presentan secciones discretas de metal que tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100).
- **Fibras sintéticas:** tienen secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por acrílico, aramid, carbón, polipropileno, poliestileno, nylon, poliéster, etc.
- **Fibras de vidrio:** cuenta con secciones discretas de fibra de vidrio que son resistentes al álcali.
- **Fibras naturales:** posee secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, entre otros, cuyos diámetros varían entre 0,5 y 0,2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

c.2 Fibras por funcionalidad, geometría y dosificación, [11] los divide en las siguientes:

- **Microfibras:** su aplicación es evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas, para lo que se dosifican para volúmenes de entre 0,03% a 0,15% del concreto.



**Figura 2.** Fotografía de microfibras [11]

- **Macrofibras:** para este tipo de fibra, [11] resalta sus propiedades particulares como que están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si esta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada; sin embargo, recomienda que las dosificaciones más frecuentes a utilizarse deben oscilar entre 0,2% a 0,8% del volumen del concreto.

Por consiguiente, las microfibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0,05 mm a 2,00 mm. Como se muestra en la figura 3, la relación de aspecto longitud /diámetro (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.



**Figura 3.** Fotografía de macrofibras [11]

- **Fibra de Polipropileno Fibromac 12:** sobre la base de la definición de [12], esta es una fibra de multifilamentos producida a partir de polipropileno. Sus propiedades resaltan debido a que es incorporada a una mezcla de base (concreto, mortero, etc.) con el fin de constituir un compuesto homogéneo y controlar la fisuración por retracción. Este suele ser el tipo de fibra que se utilizará para la investigación.



**Figura 4.** Fibromac 12. Maccaferri América Latina (2020)

#### d. Fisuración en el concreto

Para [6], este tipo de falla conocido como fisuración en el estado fresco se divide en:

- **Fisuración plástica:** se presenta cuando el concreto se contrae en la medida que el agua presente en la mezcla reacciona químicamente con los materiales cementantes después de iniciado el proceso de fraguado y la ganancia de resistencias. Así, los elementos de concreto sufren normalmente contracciones que generan fisuras de manera severa.
- **Retracción plástica:** este tipo de fisuras suele presentarse con anchos apreciables en las grietas entre 0.2 mm y 0.4 mm. Son de escasa profundidad y generalmente se dan a las seis horas de haber vertido el concreto sobre el elemento de interés como se aprecia en la figura 5.



**Figura 5.** Representación típica de fisuración por retracción plástica

Generalmente este tipo de fisuración tiene direcciones que coinciden de manera predominante con las zonas donde se encuentra la menor cantidad de armadura de refuerzo y, además, coincide con la dirección en la que el viento se mueve durante la puesta en obra. Por otro lado, suelen depender de variaciones en el espesor del elemento de concreto. Al respecto, [6] establece que las principales causas de mayor importancia son la evaporación rápida del agua de la superficie, la velocidad lenta de exudación, relaciones agua-cemento altas, exceso de finos en la arena, empleo de cementos o retardantes inadecuados, mal curado o temperaturas ambientales o del viento demasiado agresivas.

**e. Control de Calidad en el concreto**

Según las normas especificados en [10], la calidad de materiales producidos en planta, tales como aceros estructurales o de refuerzo, es garantizada por el productor, quien practica controles sistemáticos de calidad especificados usualmente por las normas ASTM pertinentes. Por el contrario, [8] describe que el concreto es producido en o muy cerca del sitio de construcción y su calidad final se ve afectada por factores que han sido discutidos brevemente. Por tanto, según [8] y [10], se concluye que el control de calidad sistemático debe instituirse en el sitio de construcción.

Respecto a la calidad, [8] sustenta que la principal medida de la calidad estructural del concreto es su resistencia a la compresión. En consecuencia, los ensayos para medir esta propiedad se realizan sobre especímenes cilíndricos de altura igual a dos veces el diámetro, usualmente 6x12 pulgadas. Su procedimiento consiste en que los moldes impermeables de esta configuración se llenen con concreto durante la operación de colocación tal como lo especifica la norma ASTM C172, “Standard Method of Sampling Freshly Mixed Concrete” y la norma ASTM C31, “Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”. Respecto a los cilindros, estos se curan al vapor aproximadamente a 21°C, generalmente por 28 días, y posteriormente se ensayan en el laboratorio a una tasa de carga específica. Finalmente, [8] precisa que la resistencia a la compresión obtenida de tales ensayos se conoce como resistencia del cilindro  $f'_c$  y es la principal propiedad para propósitos de diseño.

**f. Identificación de los apoyos de la losa sobre la estructura**

En la figura 6, según lo descrito en [1] y [8], se muestran los detalles constructivos, correspondiente a uniones con vigas metálicas propuesto en el manual constructivo de SENCICO-ACERO DECK, el cual nos servirá para determinar si las placas se encuentran correctamente unidas a la estructura, lo cual nos garantizará la rigidez de la losa.

**g. Evaluación y aceptación del concreto**

Para poder evaluar correctamente la calidad del concreto, la Norma E.060 Concreto Armado (2020), especificado en [10], nos indica que:

El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de las reglas 5.6.2 a 5.6.5, las cuales especifican que los ensayos de concreto fresco realizados en obra tales como la preparación de

probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas para los ensayos de resistencia, deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados. Por tanto, [10] especifica que la resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f'c$ .
- Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f'c$  en más de 3.5 MPa, cuando  $f'c$  es 35 MPa o menor, o en más de  $0.1f'c$  cuando  $f'c$  es mayor a 35MPa

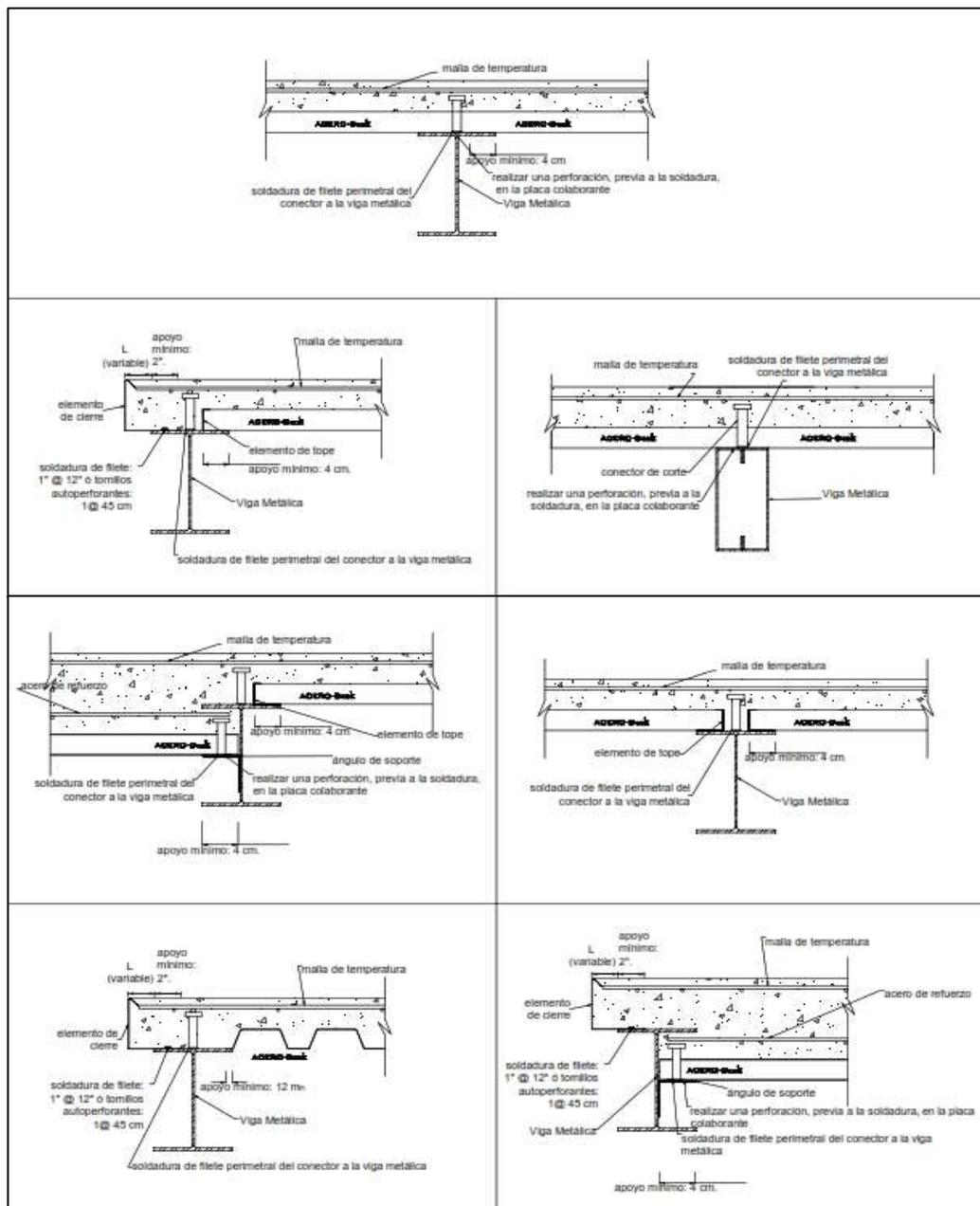


Figura 6. Detalle constructivo de apoyos sobre vigas metálicas [1][8]

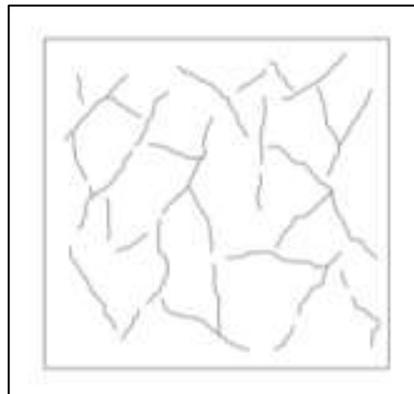
Además, según [10], debe cumplirse con al menos uno de los dos requisitos del 5.6.3.3, y tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los ensayos de resistencia. Además, señala que, para poder llevar a cabo esta evaluación, utilizaremos protocolos de calidad e informes de laboratorio de rotura de probetas.

**h. Mediciones e inspección visual de fisuramiento en las losas**

Al respecto, [5] y [6] sobre la retracción plástica sostienen que este tipo de fisuras suele presentarse con apreciables anchos en las grietas entre 0.2 mm y 0.4 mm, pero son de escasa profundidad y generalmente se dan a las seis horas de haber vertido el concreto sobre el elemento de interés, como se observa en la figura 7.

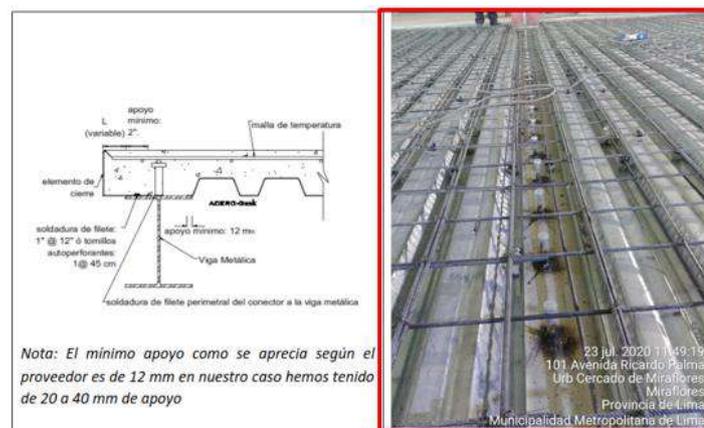
Según los autores, generalmente las fisuras tienen direcciones que coinciden de manera predominante con las zonas donde se encuentra la menor cantidad de armadura de refuerzo y además coinciden con la dirección en la que el viento se mueve durante la puesta en obra. Por otro lado, [6] sustenta que esta situación suele depender de variaciones en el espesor del elemento de concreto.

**Figura 7. Representación típica de fisuración por retracción plástica [5]**



**3. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos de las placas colaborantes y la Fibra de Polipropileno Fibromac 12 se presentan en las figuras 8, 9 y 10, en las que se especifican los tipos de apoyo sobre viga tipo A y B propuesto por SENCICO y ACERODECK.



**Figura 8. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo A**

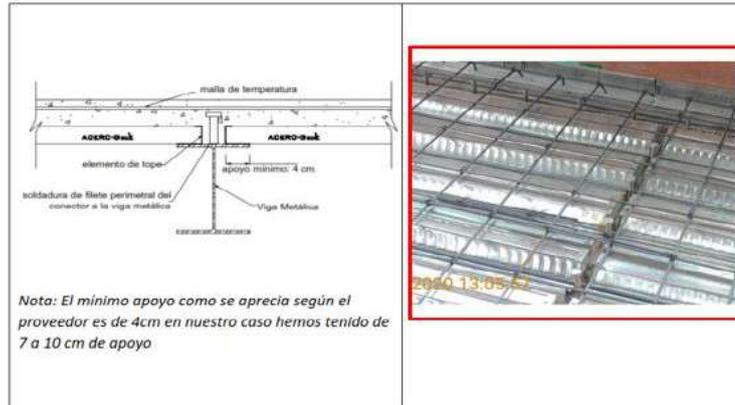


Figura 9. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo B

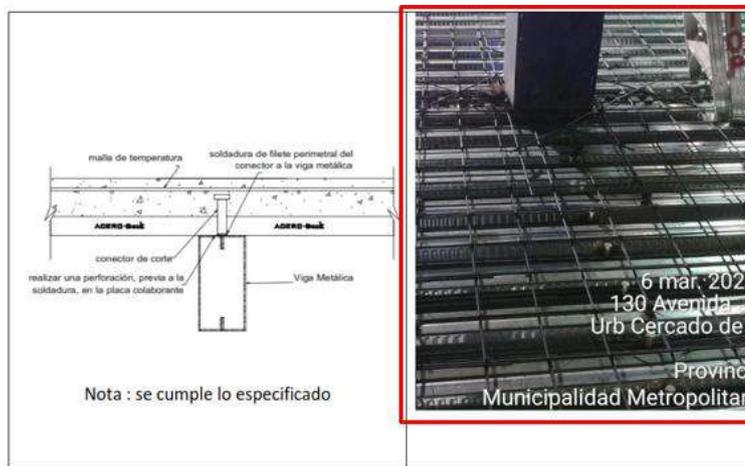
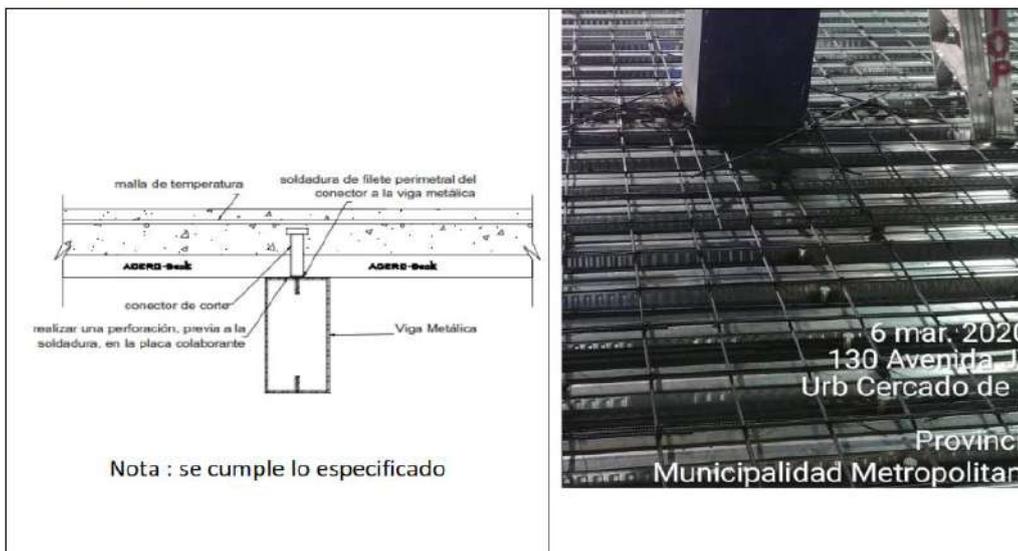


Figura 10. Apoyo de placa colaborante sobre viga tipo C

APOYO TIPO C:



Las figuras mostradas corresponden a la modulación de las planchas metálicas, tal como se muestra en la parte derecha de cada figura, las cuales especifican cómo fue colocada en campo. Esto nos sirvió para verificar si las planchas metálicas tienen la unión correcta a la estructura y poder extrapolar una de las conclusiones de [3], que concluye que la resistencia de la estructura depende de la adecuada conexión entre el concreto y el acero.

Así también, en las figuras 11a y 11b, se muestran un recorte de los informes de diseño de mezcla, en el que se indica la resistencia característica de diseño. Este será comparado con los 3 informes de laboratorio

**INFORME DE ENSAYO N° C015/2020**

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRÍCOS DE CONCRETO  
Método Norma Técnica Peruana 334.034:2015

---

Peticionario: CONTRATISTA TOP CONSULT INGENIERIA  
 Proyecto/Obra: REMODELACION FALABELLA MIRAFLORES  
 Ubicación: MIRAFLORES  
 Elemento: V15N4-01 V15N4-02 V15N4-03  
 Atención: ING. HALDOR SANCHEZ  
 Fecha de ensayo: 24/08/2020  
 Fecha de emisión: 24/08/2020  
 Observaciones:  
 - Muestra proporcionada e identificada por el Cliente.  
 - Los resultados del ensayo se aplican a la muestra como se recibió.  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 - El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

---

DATOS DE LA PRENSA

Marca: ELE - INTERNATIONAL    Modelo/ Parte: 39-2690/06    N° de serie: 36-0650-10002

| N° | DESCRIPCIÓN | f'c<br>Diseño<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | GUÍA          | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ENSAYO | EDAD<br>(DÍAS) | DIÁMETRO<br>PROMEDIO<br>(mm) | ÁREA<br>(mm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA | CARGA<br>(kgf) | CARGA<br>(KN) | RESISTENCIA<br>(MPa) | PROMEDIO | RESISTENCIA<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO |
|----|-------------|---|---------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| 1  | V15N4-01    | 280                                     | HECHO EN OBRA | 27/07/2020        | 24/08/2020      | 28             | 1508.0                       | 17860.5                    | 2             | 59910          | 588           | 32.9                 | 32.5     | 335                                   | 331      |
| 2  | V15N4-02    |   |               |                   |                 |                | 1508.0                       | 17860.5                    | 3             | 59116          | 580           | 32.5                 |          | 328                                   |          |
| 3  | V15N4-03    |   |               |                   |                 |                | 1508.0                       | 17860.5                    | 3             | 58555          | 574           | 32.2                 |          | 328                                   |          |

*Informes de laboratorio con resultados de los ensayos en probetas V15*

---

**INFORME DE ENSAYO N° C017/2020**

ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRÍCOS DE CONCRETO  
Método Norma Técnica Peruana 334.034:2015

---

Peticionario: CONTRATISTA TOP CONSULT INGENIERIA  
 Proyecto/Obra: REMODELACION FALABELLA MIRAFLORES  
 Ubicación: MIRAFLORES  
 Elemento: V17N6-01 V17N6-02 V17N6-03  
 Atención: ING. HALDOR SANCHEZ  
 Fecha de ensayo: 28/08/2020  
 Fecha de emisión: 28/08/2020  
 Observaciones:  
 - Muestra proporcionada e identificada por el Cliente.  
 - Los resultados del ensayo se aplican a la muestra como se recibió.  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.  
 - El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

---

DATOS DE LA PRENSA

Marca: ELE - INTERNATIONAL    Modelo/ Parte: 39-2690/06    N° de serie: 36-0650-10002

| N° | DESCRIPCIÓN | f'c<br>Diseño<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | GUÍA          | FECHA DE MUESTREO | FECHA DE ENSAYO | EDAD<br>(DÍAS) | DIÁMETRO<br>PROMEDIO<br>(mm) | ÁREA<br>(mm <sup>2</sup> ) | TIPO DE FALLA | CARGA<br>(kgf) | CARGA<br>(KN) | RESISTENCIA<br>(MPa) | PROMEDIO | RESISTENCIA<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO |
|----|-------------|---|---------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------------|----------|---------------------------------------|----------|
| 1  | V17N6-01    | 280                                     | HECHO EN OBRA | 31/07/2020        | 28/08/2020      | 28             | 1508.0                       | 17860.5                    | 2             | 69416          | 681           | 38.1                 | 38.2     | 389                                   | 390      |
| 2  | V17N6-02    |   |               |                   |                 |                | 1508.0                       | 17860.5                    | 2             | 68834          | 675           | 37.8                 |          | 385                                   |          |
| 3  | V17N6-03    |   |               |                   |                 |                | 1508.0                       | 17860.5                    | 3             | 70726          | 694           | 38.8                 |          | 396                                   |          |

*Informes de laboratorio con resultados de los ensayos en probetas V17*

utilizados para realizar el control de calidad y obtener resultados que validen nuestra investigación.

**Figura 11a.** Resultados de la resistencia obtenida en los ensayos de compresión

**Figura 11b.** Resultados de la resistencia obtenida en los ensayos de compresión

Las medidas obtenidas respecto a la resistencia durante los ensayos se presentan en la tabla 1, en la cual se especifican las recomendaciones de [5] y [3] respecto a las unidades de resistencia que nos servirá para evaluar la primera condición de aceptación del concreto

**Tabla 1.** Unidades de resistencia a la compresión equivalentes

|          |        |                    |
|----------|--------|--------------------|
| 1MPa =   | 10.197 | kg/cm <sup>2</sup> |
| 3.5 MPa= | 36     | kg/cm <sup>2</sup> |
| 35 MPa=  | 357    | kg/cm <sup>2</sup> |

Resultados del procedimiento con Fibromac12:

- a. Analizamos que se cumpla la primera condición de aceptación del concreto para lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$R_{prom} \geq f'c$$

donde:

..... (1)

$R_{prom}$ : Promedio de los resultados de 3 probetas correspondientes a un solo vaciado.

$f'c$  : Resistencia característica de diseño del concreto a utilizar.

En la tabla 2, se observa que el promedio obtenido es mayor a  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en todos los casos. Este resultado se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 2.** Promedios aritméticos de tres ensayos de resistencia consecutivos

| PROMEDIOS DE MUESTRAS CONSECUTIVAS |      |                                |                                      |                  |           |
|------------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------|
| IDENTIFICACION                     | EDAD | $f'c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO<br>DE 3 | CONDICION |
| V5N4-07                            | 28   | 280                            | 294                                  | 296              | cumple    |
| V5N4-08                            | 28   | 280                            | 290                                  |                  |           |
| V5N4-09                            | 28   | 280                            | 303                                  |                  |           |
| V15N4-01                           | 28   | 280                            | 335                                  | 331              | cumple    |
| V15N4-02                           | 28   | 280                            | 331                                  |                  |           |
| V15N4-03                           | 28   | 280                            | 328                                  |                  |           |
| V17N6-01                           | 28   | 280                            | 389                                  | 390              | cumple    |
| V17N6-02                           | 28   | 280                            | 385                                  |                  |           |
| V17N6-03                           | 28   | 280                            | 396                                  |                  |           |

- b. Analizamos que se cumpla la segunda condición para la aceptación del concreto para lo que se utiliza la siguiente fórmula:

donde:

$$R_{indiv} > f'c - 36 \quad \dots\dots\dots (2)$$

R<sub>indiv</sub>: Promedio individual de 2 probetas correspondientes al mismo vaciado.

f'c : Resistencia característica de diseño del concreto a utilizar.

En la tabla 3, se muestra que el promedio individual obtenido es mayor a f'c=244 kg/cm<sup>2</sup> en todos los casos, este resultado es debido a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 3.**

*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V5*

| PROMEDIOS INDIVIDUALES |      |                              |                                      |          |                              |           |
|------------------------|------|------------------------------|--------------------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| IDENTIFICACION         | EDAD | f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO | f'c-36<br>kg/cm <sup>2</sup> | CONDICION |
| V5N4-07                | 28   | 280                          | 294                                  | 292      | 244                          | cumple    |
| V5N4-08                | 28   | 280                          | 290                                  |          |                              |           |
| V5N4-07                | 28   | 280                          | 294                                  | 299      | 244                          | cumple    |
| V5N4-09                | 28   | 280                          | 303                                  |          |                              |           |
| V5N4-08                | 28   | 280                          | 290                                  | 297      | 244                          | cumple    |
| V5N4-09                | 28   | 280                          | 303                                  |          |                              |           |

En la tabla 4, se presenta el promedio individual obtenido es mayor a f'c=244 kg/cm<sup>2</sup> en todos los casos. Este resultado se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 4.**

*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V15*

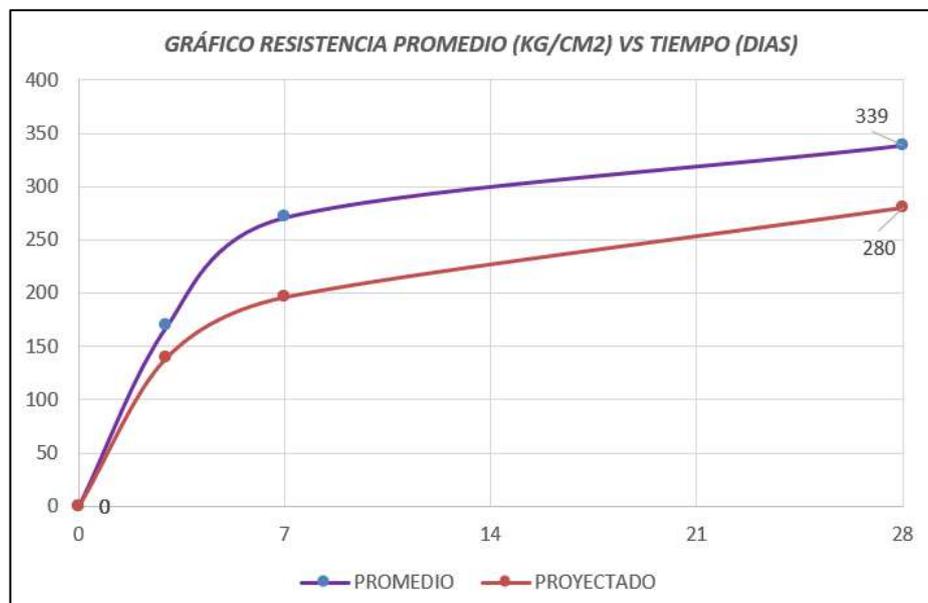
| IDENTIFICACION | EDAD | f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO | f'c-36<br>kg/cm <sup>2</sup> | CONDICION |
|----------------|------|------------------------------|--------------------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| V15N4-01       | 28   | 280                          | 335                                  | 333      | 244                          | cumple    |
| V15N4-02       | 28   | 280                          | 331                                  |          |                              |           |
| V15N4-01       | 28   | 280                          | 335                                  | 332      | 244                          | cumple    |
| V15N4-03       | 28   | 280                          | 328                                  |          |                              |           |
| V15N4-02       | 28   | 280                          | 331                                  | 330      | 244                          | cumple    |
| V15N4-03       | 28   | 280                          | 328                                  |          |                              |           |

En la tabla 5, se observa que el promedio individual obtenido es mayor a  $f'c=244 \text{ kg/cm}^2$  en todos los casos. Esto se debe a la incorporación de la Fibromac12.

**Tabla 5.**  
*Promedios aritméticos individuales de resistencia consecutivos V17*

| IDENTIFICACION | EDAD | $f'c$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO | $f'c-36$<br>kg/cm <sup>2</sup> | CONDICION |
|----------------|------|--------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------------------------|-----------|
| V17N6-01       | 28   | 280                            | 389                                  | 387      | 244                            | cumple    |
| V17N6-02       | 28   | 280                            | 385                                  |          |                                |           |
| V17N6-01       | 28   | 280                            | 389                                  | 393      | 244                            | cumple    |
| V17N6-03       | 28   | 280                            | 396                                  |          |                                |           |
| V17N6-02       | 28   | 280                            | 385                                  | 391      | 244                            | cumple    |
| V17N6-03       | 28   | 280                            | 396                                  |          |                                |           |

En la figura 12, se muestra el gráfico de las curvas características de la resistencia del concreto en el tiempo, elaborado con los resultados de los ensayos realizados. Este presenta, en promedio, un incremento de 79 kg/cm<sup>2</sup> respecto a la resistencia proyectada, resultados debido a la incorporación de Fibromac12.



**Figura 12.:** Resistencia del concreto a la edad de 28 días

En la figura 13, se muestra el registro obtenido durante la visita realizada en la obra, de la cual, durante la inspección, se tomaron fotografías que registraron la aparición de fisuras. Estas se compararon con las medidas del ancho de las grietas con la ayuda de una planilla proporcionada por el ACI.

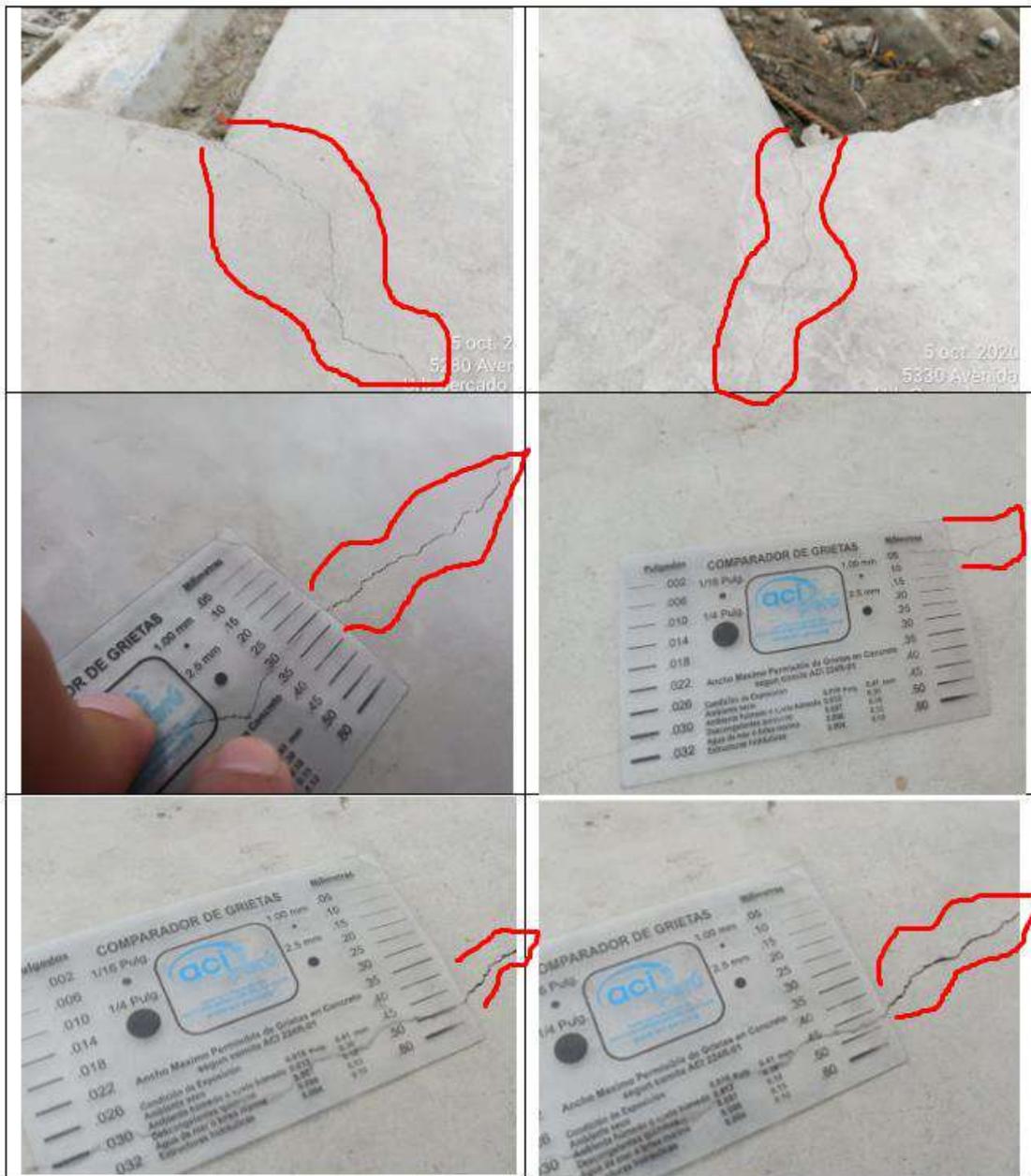


Figura 13. Registro fotográfico de la inspección y medición de fisuras encontradas en las losas

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Fue muy importante estar seguros que las placas colaborantes fueron colocadas correctamente sobre la estructura existente, por lo que, al lograr identificar la forma como se colocaron las placas con los tipos de apoyos típicos indicados en el manual constructivo, y con los resultados de las mediciones, nos dio la seguridad que las losas se iban a comportar correctamente respaldados por las conclusiones de [1] y [3]. Asimismo, [12] nos indica que la incorporación de fibras en la mezcla contribuye a tener mayor resistencia en el concreto. En nuestros resultados, efectivamente, se puede apreciar que el concreto tiene una resistencia superior a la resistencia característica con el que fue diseñado. A partir de esto, podemos reafirmar que la incorporación de fibras en la mezcla contribuye positivamente en la calidad del concreto.

## 5. CONCLUSIONES

Concluida la investigación, podemos afirmar que las placas requieren ser colocadas con un apoyo mínimo de 12 mm en el apoyo tipo A, y de 40 mm en el apoyo tipo B como indica [4], razón para garantizar que las losas se comporten con suficiente rigidez y se considera que la resistencia del sistema es clave para procurar que la conexión sea la adecuada entre el concreto y el acero.

Por otro lado, de los resultados de rotura de probetas realizados en el laboratorio, podemos concluir que el comportamiento del concreto es incluso mejor que el propuesto como se puede verificar con los informes del ensayo de rotura, donde se observa que la resistencia obtenida es alta y se cumplieron con las exigencias de la normativa peruana [10]. Incluso se superó el  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, que es el diseño original. Por tanto, con la incorporación de la Fibromac12, se incrementó la calidad del concreto en un 12%, de acuerdo con las tablas que muestran el promedio de los resultados.

Finalmente, podemos concluir que, a raíz de las mediciones hechas en campo, la Fibromac12 está controlando la fisuración por contracción, ya que no se encontraron patrones de este tipo de fisuramiento como nos explica [6]. Sin embargo, se visualizó fisuramientos en diversos lugares donde se pudo reconocer que las fisuras que aparecieron no eran producto de la retracción del concreto, sino de causas particulares que ameritan una investigación más extensa cuando se regrese a las actividades presenciales, para realizar las pruebas de laboratorio que por el momento no son factibles debido a la pandemia de la COVID19.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Ascencio, J. (2006). *Diseño de losas colaborantes unidireccionales de hormigón usando planchas de Zincalum y sus analogías con el uso de placas de acero galvanizado Instapanel PV6-R*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil en Obras Civiles]. Universidad Austral de Chile.
- [2] Bayasi Z., Marc M. (2002). *Application of Fibrillated PolyPropylene Fibers for Restraint of Plastic Shrinkage Cracking in Silica Fume Concrete*. ACI Materials Journal.
- [3] Calfee, R.C., & Valencia, R. R. (1991a). *APA guide to preparing manuscripts for journal publication*. Washington, DC: American Psychological Association.
- [4] Dpto. Investigación y Desarrollo Aceros Procesados S.A. (2006). *Manual Técnico: Sistema Constructivo Placa Colaborante Acero-Deck*. Lima: Aceros Procesados S.A.
- [5] Euclid Group Toxement. (2019). *Guía de especificación para el tratamiento de fisuras en el concreto*. Tocancipá: Toxement.
- [6] FOPAE. (2011). *Guía de Patologías Constructivas, Estructurales y No Estructurales (Tercera Ed)*. Retrieved from <http://www.fopae.gov.co/>
- [7] Jack C. Mc Cormac & Russell H. Brown. (2018). *Diseño de Concreto Reforzado*. México: Alfaomega Grupo Editor S.A.
- [8] Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- [9] Rodríguez, A. (2015). *Comparación del comportamiento estructural y económico de losas colaborantes unidireccionales con losas aligeradas*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Nacional de Cajamarca.
- [10] SENCICO. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto Armado*. [www.gob.pe/sencico](http://www.gob.pe/sencico)
- [11] SIKA. (2010). *Concreto Reforzado con Fibras*. Colombia: Sika Informaciones técnicas.

- [12] Vega, L. (2019). *Aporte de las Fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto*. [Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Militar de Nueva Granada.



# Implementación del programa MIVIVIENDA sostenible en un edificio multifamiliar

## *Implementation Of MIVIVIENDA Sostenible Program in a multifamiliar building*

**Gerson Jared Alegría Medina<sup>1</sup>, Maria Isabel Diaz Yopan<sup>2</sup>,  
Esther Joni Vargas Chang<sup>3</sup>**

RECEPCION: 10 de octubre del 2022  
ACEPTACION: 25 de noviembre del 2022

### RESUMEN

El objetivo de la investigación es implementar el Programa MIVIVIENDA Sostenible en el edificio multifamiliar N°11 del condominio Los Laureles, Etapa 3, "Los Parques de Comas" para la certificación del Bono Verde.

En ella se describen los resultados positivos de una vivienda sostenible desde el esquema de distribución de ambientes, uso de materiales ecológicos e instalación de aparatos eficientes y de bajo consumo.

La investigación es de tipo descriptiva con enfoque comparativo porque se compara componentes y presupuestos de una edificación multifamiliar convencional y una edificación multifamiliar sostenible.

Se concluye que los criterios de sostenibilidad utilizados para transformar un edificio tradicional en uno sostenible influyen en el grado a obtener para la certificación del Bono Verde y que las edificaciones sostenibles en Perú son cada día más comunes gracias a los beneficios financieros y ambientales.

**Palabras claves:** Programa MIVIVIENDA, sostenible, ahorro de recursos, sostenibilidad, beneficios financieros y ambientales

### ABSTRACT

The objective of the research is to implement the Sustainable MIVIVIENDA Program in the multifamily building No. 11 of the Los Laureles condominium, Stage 3, "Los Parques de Comas" for the Green Bond certification. In it, the positive results of a sustainable home are described from the room distribution scheme, the use of ecological materials and the installation of efficient and low-consumption devices.

The research is descriptive with a comparative approach because we compare components and budgets of a conventional multi-family building and a sustainable multi-family building. It is concluded that the sustainability criteria used to transform a traditional building into a sustainable one influence the degree to be obtained for the Green Bond certification and that sustainable buildings in Peru are becoming more common thanks to the financial and environmental benefits.

**Keywords:** MIVIVIENDA Program, sustainable, resource savings, sustainability, financial and environmental benefits

1 Bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Email: [gerson.alegria@urp.edu.pe](mailto:gerson.alegria@urp.edu.pe)

2 Bachiller en Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Email: [maria.diazy@urp.edu.pe](mailto:maria.diazy@urp.edu.pe)

3 Doctora Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ingeniera Civil. Docente Asociado Facultad de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma. Email: [esther.vargas@urp.edu.pe](mailto:esther.vargas@urp.edu.pe)

## 1. INTRODUCCIÓN

El medio ambiente está siendo afectado por acción del hombre; su falta de conservación y cuidado. Actualmente, el nivel de calidad de vida de las personas no es el adecuado por dicho aumento de la contaminación. Por eso, los profesionales estamos obligados a relacionar nuestras facultades con el cuidado del entorno ambiental.

El Perú es un país en donde la sostenibilidad está tomando popularidad debido a los beneficios que brinda a los usuarios, inmobiliarias y, sobre todo, al medio ambiente. En el ámbito constructivo, se proponen proyectos inmobiliarios enfocados en la sostenibilidad que tengan como horizonte el diseñar y construir edificaciones eco amigables que ayuden no solo a dar vivienda a millones de familias, sino también a preservar el medio ambiente y reducir los impactos negativos generados en sus etapas de construcción, operación y mantenimiento.

Por tal motivo, el presente artículo se enfoca en la comparación de resultados de recursos y gastos en una edificación multifamiliar sostenible y una edificación multifamiliar convencional, en las que se refleja los porcentajes de ahorro gracias a aparatos de bajo consumo, incentivos económicos del Estado y diseños eficientes en las edificaciones. El caso de estudio se realizó en el edificio multifamiliar N°11 del condominio Los Laureles, Etapa 3, del megaproyecto “Los Parques de Comas”.

Finalmente, el artículo presenta los resultados de la certificación del Bono Verde y lo conveniente de su aplicación en las edificaciones, el cual genera beneficios ambientales y económicos con los ahorros de recursos en su ciclo de vida útil.

## 2. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Implementar el Programa MIVIVIENDA Sostenible en el edificio multifamiliar N°11 del condominio Los Laureles, Etapa 3, del megaproyecto “Los Parques de Comas” para la certificación del Bono Verde.

Objetivos específicos:

- Describir la influencia de la sostenibilidad de un edificio multifamiliar en la certificación del Bono Verde.
- Determinar la influencia del factor presupuestal de un edificio multifamiliar en la certificación del Bono Verde.
- Describir la influencia de los factores externos en la construcción un edificio multifamiliar con la certificación del Bono Verde.

## 3. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 3.1 Comportamiento del sector construcción sobre la sostenibilidad

La preocupación del sector construcción por la sostenibilidad surge de la necesidad de seguir realizando proyectos pensados en las necesidades o comodidades que requieren las personas que mantengan un ambiente natural y usen responsablemente la tecnología, los recursos básicos en la construcción de edificaciones.

### 3.2 Construcción Sostenible

De acuerdo con García y Montoya [3], la construcción sostenible viene a ser el desarrollo de una construcción tradicional, pero con una responsabilidad considerable con el medio ambiente.

### 3.3 Certificación Bono Verde

Según el Fondo MIVIVIENDA [6], esta certificación fue creada con el fin de promover el cuidado del medio ambiente y mitigar el impacto en las construcciones inmobiliarias en el Perú.

*Proceso de certificación*

El Bono Verde ha pasado por varios cambios desde que se creó, por lo que su proceso de certificación también ha variado con el pasar de los años. Para el 2016, tenían un tipo de procedimiento de Certificación de Proyectos del Programa Bono MIVIVIENDA Sostenible aprobado por Resolución de GG N°06-2016-FMV/GG. En esta primera versión o Fase 1, se certificaba bajo las modalidades de grado 1 y 2.

Posteriormente, este proceso pasó por varios cambios hasta que en enero del 2020 entró en vigencia la Fase 2, que certifica por los grados I+, II+ y III+ con el fin de ampliar los beneficios de este programa y se agregaron nuevos criterios y grados de certificación para nuevos proyectos o en fase de recertificación.

Actualmente se cuenta con la versión 9 en la que se actualizaron manuales, requisitos, implementaciones e instructivos.

El Fondo MIVIVIENDA [5], se establece un conjunto de documentos para iniciar el proceso de certificación del Bono Verde. Estos son los siguientes:

- a) Carta Simple
- b) Solicitud de Registro de Proyecto (F1)
- c) Carta de Compromiso de Obtención de Opinión Técnica Favorable para la planta de tratamiento de aguas residuales (F2)
- d) Carta de Compromiso de Obtención de Declaración Anual del Manejo de Residuos (F3)
- e) Carta de Compromiso de Mantenimiento del Sistema de Aprovechamiento (F4)
- f) Carta de Compromiso de Reposición de Luminarias LED (F5)
- g) Expediente de Certificación (EC)

Asimismo, el Fondo MIVIVIENDA [5] establece que se debe considerar dentro del expediente técnico los siguientes documentos:

- a) Solicitud de Registro de Proyecto (Declaración Jurada)
- b) Copia de la Vigencia de Poder de Representante Legal del Promotor inmobiliario quien visa todo el expediente
- c) Acta Municipal de Aprobación de Anteproyecto o Proyecto, según corresponda.
- d) Memoria Descriptiva del Proyecto
- e) Calendarios de Ejecución de Obra
- f) Resumen de la Lista de precios de venta de las unidades inmobiliarias en el Programa MIVIVIENDA Sostenible
- g) Constancia de Registro de Proyecto Techo Propio (copia, de ser el caso).
- h) Documentos para Cumplimiento de Requisitos de Elegibilidad. (véanse los cuadros de la página 21 en adelante)
- i) Enlace Google Drive con toda la documentación del expediente técnico

#### *Beneficios de la certificación*

- a) Bono del Buen Pagador

El reglamento del Bono del Buen Pagador [4], establece que es una ayuda económica directa no reembolsable que se otorga a las personas que accedan al nuevo crédito MIVIVIENDA por medio de las Instituciones Financieras Intermedias (IFI).

- b) Tasa efectiva anual o TEA

En el caso de viviendas convencionales, la TEA equivale a 10% y, para las viviendas con la certificación del Bono Verde, se tendrá una TEA que va en relación con el grado de sostenibilidad: a mayor grado, mayor beneficio.



**Figura 1.** TEA según grados de sostenibilidad

Fuente: Fondo MIVIVIENDA. A mayor grado de sostenibilidad, menor TEA.

### c) Criterios sostenibles

#### 1. Agua

Se emplean equipos hidrosanitarios de bajo consumo y sistemas de medición.

#### 2. Energía

Se emplean sistemas de iluminación de bajo consumo e instalación de medidas y equipos de bajo consumo.

#### 3. Bioclimática

Se emplean estrategias priorizadas por zona climáticas.

#### 4. Materiales

Se emplean materiales de bajo impacto ambiental o eco amigables durante la construcción del proyecto en distintas partidas.

#### 5. Residuos

Se gestiona la identificación de los residuos sólidos desde su origen, para lo que se implementan un sistema de recolección y segregación, transporte seguro y disposición final de manera responsable. Según su aplicabilidad, se consideran las opciones de reúso, reciclaje y recuperación o tratamiento, con la finalidad de prevenir, minimizar o mitigar los impactos ambientales que pueden ocasionar los residuos sólidos generados.

#### 6. Sostenibilidad urbana

La sostenibilidad urbana busca brindar un buen entorno y calidad de vida a las personas. Se busca también reducir las materias contaminantes y vivir en una zona verde que contribuya con el cuidado ambiental.

## 4. METODOLOGÍA

Según las descripciones realizadas por Hernández, Fernández y Baptista en [1], el presente artículo corresponde al método descriptivo con enfoque comparativo porque intenta explicar, interpretar y contrastar los criterios y condiciones de una edificación multifamiliar convencional y una edificación multifamiliar sostenible con los requisitos para acceder a la certificación del Bono Verde. Además, el artículo corresponde a una investigación cuantitativa porque se tuvo datos numéricos relacionados a costos y cantidades, las cuales se analizaron para la obtención de lo requerido para la ejecución de la propuesta de edificación sostenible.

Asimismo, se revisó el expediente técnico del proyecto en donde se comparó el presupuesto de la edificación multifamiliar sostenible y una edificación multifamiliar convencional. Además, se realizaron la selección de aparatos y accesorios con el fin de determinar los más eficientes. Se elaboró un nuevo presupuesto con los requerimientos para acceder a la certificación del Bono Verde. Luego, se compararon los presupuestos con respecto a los gastos en recursos hídricos y energéticos, gracias a lo que determinamos los ahorros con ayuda del programa MS Excel.

Finalmente, se utilizó la técnica de encuestas a través de cuestionarios que sirvieron para medir el grado de relación entre las dos variables usando MS Excel con el fin de ordenar los resultados obtenidos por las encuestas y el software SPSS para analizar estadísticamente los datos obtenidos.

## 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Ahorro en recursos hídricos

**Tabla 1**

*Cantidades diarias de aparatos sanitarios*

| Parámetro                           | Consumo hídrico (L/día) |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Aparatos sanitarios convencionales  | 93644.8                 |
| Aparatos sanitarios de bajo consumo | 64204.8                 |

Nota: Sumatoria de consumos de aparatos sanitarios en viviendas.

Se calculó el porcentaje de ahorro del consumo hídrico relacionando el total de litros diarios consumidos con los aparatos sanitarios de bajo consumo con respecto a los convencionales.

$$\% \text{ de ahorro} = \left( \frac{93644.8 - 64204.8}{93644.8} \right) * 100\% = 31.44\%$$

**Tabla 2**

*Consumos mensuales de agua*

| Parámetro                               | Cantidad (m <sup>3</sup> /mes) |
|---|--------------------------------|
| Consumo mensual de la edificación       | 1973.50                        |
| Agua a ser tratada por la PTAR          | 107.52                         |
| Nuevo consumo mensual de la edificación | 1865.98                        |

Se calculó el porcentaje de ahorro relacionando el consumo mensual de la edificación en relación con el agua a ser tratada en la PTAR proveniente de las duchas.

$$\% \text{ de ahorro} = \left( \frac{1973.50 - 1865.98}{1973.50} \right) * 100\% = 5.45\%$$

### 5.2 Ahorro en recursos energéticos

**Tabla 3**

*Cantidades diarias de aparatos lumínicos*

| Parámetro                         | Consumo energético (kW.h/día) |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Aparatos lumínicos convencionales | 88.94                         |
| Aparatos lumínicos eficientes     | 49.30                         |

Nota: Sumatoria de consumos de aparatos lumínicos en viviendas.

Se calculó el porcentaje de ahorro del consumo energético en iluminación relacionando el total de kiloWatts por hora al día de luminarias con eficiencia energética frente a luminarias convencionales.

$$\% \text{ de ahorro} = \left( \frac{88.94 - 49.3}{88.94} \right) * 100\% = 44.57\%$$

**Tabla 4**

*Comparación de consumo con electricidad y gas natural*

| Parámetro             | Electricidad (kW/h) | Gas natural (m <sup>3</sup> /h) |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------|
| Cocina de 4 hornillas | 2.5                 | 0.32                            |
| Terma                 | 1.5                 | 2.16                            |

Nota: La edificación cuenta con suministro de gas natural solo para cocinas y termas.

### 5.3 Análisis financiero de la edificación y evaluación de costos por ahorros

**Tabla 5**  
*Comparación de presupuestos*

| Especialidad             | Convencional           | Sostenible             |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Estructuras              | S/ 3,968,177.63        | S/ 3,748,710.94        |
| Arquitectura             | S/ 2,541,829.72        | S/ 2,609,624.64        |
| Instalaciones sanitarias | S/ 465,536.09          | S/ 495,315.93          |
| Instalaciones eléctricas | S/ 997,175.82          | S/ 1,231,272.56        |
| Instalaciones mecánicas  | S/ 380,184.20          | S/ 431,344.20          |
| <b>Costo directo</b>     | <b>S/ 8,352,903.46</b> | <b>S/ 8,516,268.28</b> |

Nota: Las cantidades expresan la suma de todas las partidas de acuerdo a su clasificación.

Relacionando los costos directos se obtuvo la variación porcentual, la cual se da por los distintos precios de aparatos, accesorios, materiales de construcción, propuestas sostenibles, entre otros utilizados para la construcción de las dos propuestas de edificaciones multifamiliares.

$$\% \text{ de ahorro} = \left( \frac{8,516,268.28 - 8,352,903.46}{8,516,268.28} \right) * 100\% = 1.92\%$$

**Tabla 6**  
*Precio de viviendas con beneficio financieros*

| Agrupación de departamentos | Costo de vivienda (S/.) | Aporte inicial mínimo del 7.5% (S/.) | BBP Sostenible (S/.) | Cuota inicial incrementada (S/.) | Nuevo costo de vivienda (S/.) | Porcentaje de reducción (%) |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Piso 1 – Piso 10            | 104,990.00              | 7,874.25                             | 26,800.00            | 34,674.25                        | 70,315.75                     | 33.03%                      |
| Piso 11                     | 103,990.00              | 7,799.25                             | 26,800.00            | 34,599.25                        | 69,390.75                     | 33.27%                      |
| Piso 12                     | 101,990.00              | 7,649.25                             | 26,800.00            | 34,449.25                        | 67,540.75                     | 33.78%                      |
| Piso 13                     | 99,990.00               | 7,499.25                             | 26,800.00            | 34,299.25                        | 65,690.75                     | 34.30%                      |
| Piso 14                     | 97,990.00               | 7,349.25                             | 26,800.00            | 34,149.25                        | 63,840.75                     | 34.85%                      |
| Piso 15                     | 95,990.00               | 7,199.25                             | 26,800.00            | 33,999.25                        | 61,990.75                     | 35.42%                      |
| Piso 16                     | 93,990.00               | 7,049.25                             | 26,800.00            | 33,849.25                        | 60,140.75                     | 36.01%                      |

Nota: El BBP varía de acuerdo al precio de la vivienda.

La cuota mensual fija se halló mediante el Simulador de Nuevo Crédito MIVIVIENDA vinculado al departamento N°202, el cual es uno de los departamentos correspondiente al bloque Piso 1 – Piso 10. Dentro de este grupo, presentan un mayor precio. Se realizaron los cálculos para un plazo de pago de 12 años.

### SIMULADOR DE NUEVO CRÉDITO MIVIVIENDA

Después de llenar cada campo presione ENTER 

|   |                   |  |
|---|-------------------|--|
| Moneda  | SOLES             |  |
| Valor de Vivienda <sup>1</sup> (S/)                   | 104,990.00        | <sup>1</sup> Valor del inmueble o valor referencial dentro del rango de S/ 45,200 hasta S/ 464,200 |
| ¿Ha recibido anteriormente apoyo habitacional?        | No                |  |
| Cuota Inicial <sup>2</sup> (S/)<br>% de cuota inicial | 7,874.25<br>7.50% | <sup>2</sup> Valor de la cuota inicial debe ser mínimo el 7.5% del valor de vivienda.              |
| Bono del Buen Pagador <sup>3</sup> (S/)               | 21,400.00         | <sup>3</sup> Se aplica por una sola vez según lo calculado sobre el valor de vivienda.             |
| ¿La vivienda es sostenible? <sup>4</sup>              | No                | <sup>4</sup> Proyecto certificado que puede acceder al BBP sostenible.                             |
| Total BBP   | 21,400.00         |  |
| <b>Monto a financiar (S/)</b>                         | <b>75,715.75</b>  | <sup>5</sup> Tasa referencial sujeta a otras condiciones de la entidad financiera.                 |
| Tasa Efectiva Anual <sup>5</sup>                      | 10.99%            | <sup>6</sup> Tasa referencial, dependerá de la prima del seguro a contratar.                       |
| Seguro Degravamen Mensual <sup>6</sup>                | 0.06%             | <sup>7</sup> Tasa referencial, dependerá de la prima del seguro a contratar.                       |
| Seguro de Inmueble Anual <sup>7</sup>                 | 0.02%             | <sup>8</sup> El plazo debe ser como mínimo 60 meses y como máximo 300 meses.                       |
| Plazo (en meses) <sup>8</sup>                         | 144               |  |
| Tasa Costo Efectiva Anual                             | 11.83%            |  |
| <b>Cuota Mensual (S/)</b>                             | <b>959.70</b>     |  |

Figura 2. Cuota mensual de vivienda convencional.

Nota: Esta cantidad se obtiene usando los criterios porcentuales y financieros del Simulador de Nuevo Crédito MIVIVIENDA.

### SIMULADOR DE NUEVO CRÉDITO MIVIVIENDA

Después de llenar cada campo presione ENTER 

|   |                   |  |
|---|-------------------|--|
| Moneda  | SOLES             |  |
| Valor de Vivienda <sup>1</sup> (S/)                   | 104,990.00        | <sup>1</sup> Valor del inmueble o valor referencial dentro del rango de S/ 45,200 hasta S/ 464,200 |
| ¿Ha recibido anteriormente apoyo habitacional?        | No                |  |
| Cuota Inicial <sup>2</sup> (S/)<br>% de cuota inicial | 7,874.25<br>7.50% | <sup>2</sup> Valor de la cuota inicial debe ser mínimo el 7.5% del valor de vivienda.              |
| Bono del Buen Pagador <sup>3</sup> (S/)               | 21,400.00         | <sup>3</sup> Se aplica por una sola vez según lo calculado sobre el valor de vivienda.             |
| ¿La vivienda es sostenible? <sup>4</sup>              | Si                | <sup>4</sup> Proyecto certificado que puede acceder al BBP sostenible.                             |
| Total BBP   | 26,800.00         |  |
| <b>Monto a financiar (S/)</b>                         | <b>70,315.75</b>  | <sup>5</sup> Tasa referencial sujeta a otras condiciones de la entidad financiera.                 |
| Tasa Efectiva Anual <sup>5</sup>                      | 5.00%             | <sup>6</sup> Tasa referencial, dependerá de la prima del seguro a contratar.                       |
| Seguro Degravamen Mensual <sup>6</sup>                | 0.06%             | <sup>7</sup> Tasa referencial, dependerá de la prima del seguro a contratar.                       |
| Seguro de Inmueble Anual <sup>7</sup>                 | 0.02%             | <sup>8</sup> El plazo debe ser como mínimo 60 meses y como máximo 300 meses.                       |
| Plazo (en meses) <sup>8</sup>                         | 144               |  |
| Tasa Costo Efectiva Anual                             | 5.81%             |  |
| <b>Cuota Mensual (S/)</b>                             | <b>673.96</b>     |  |

Figura 3. Cuota mensual de vivienda sostenible.

Nota: Esta cantidad se obtiene mediante el uso de los criterios porcentuales y financieros del Simulador de Nuevo Crédito MIVIVIENDA con las modificaciones por tener un grado III de sostenibilidad.

Tomando la diferencia de estas dos cuotas mensuales, se procedió a calcular el ahorro para los 12 años de plazo de la vivienda.

$$P = S/. 285.74 * \frac{(1 + 0.00407)^{144} - 1}{0.00407 * (1 + 0.00407)^{144}} = S/. 31,081.35$$

**Tabla 7***Cuota mensual ahorrada con equipos sanitarios de bajo consumo*

| Parámetro                                  | Cantidad | Unidad              |
|--|----------|---------------------|
| Consumo sanitario convencional total       | 93.6448  | m <sup>3</sup> /día |
| Consumo sanitario eficiente total          | 64.2048  | m <sup>3</sup> /día |
| Diferencia de consumos diario              | 29.44    | m <sup>3</sup> /día |
| Diferencia de consumos mensual             | 883.20   | m <sup>3</sup> /mes |
| Tarifa                                     | 3.305    | S/. /m <sup>3</sup> |
| Ahorro monetario mensual en la edificación | 2918.98  | S/. /mes            |

Nota: La tarifa proviene del recibo de agua de una edificación similar del mismo condominio.

**Tabla 8***Cuota mensual ahorrada de consumo hídrico por la PTAR*

| Parámetro                               | Cantidad | Unidad              |
|---|----------|---------------------|
| Consumo mensual de la edificación       | 1973.50  | m <sup>3</sup> /mes |
| Nuevo consumo mensual de la edificación | 1865.98  | m <sup>3</sup> /mes |
| Ahorro de consumo mensual por la PTAR   | 107.52   | m <sup>3</sup> /mes |
| Tarifa                                  | 3.305    | S/. /m <sup>3</sup> |
| Ahorro monetario mensual por la PTAR    | 355.35   | S/. /mes            |

Nota: La tarifa proviene del recibo de agua de una edificación similar del mismo condominio.

**Tabla 9***Cuota mensual ahorrada por equipos con eficiencia energética*

| Parámetro                                  | Cantidad | Unidad    |
|--|----------|-----------|
| Consumo energético convencional total      | 88.94    | kW.h/día  |
| Consumo con eficiencia energética total    | 49.3     | kW.h/día  |
| Diferencia de consumos diario              | 39.64    | kW.h/día  |
| Diferencia de consumos mensual             | 1189.2   | kW.h /mes |
| Tarifa                                     | 0.652    | S/. /kW.h |
| Ahorro monetario mensual en la edificación | 775.36   | S/. /mes  |

Nota: La tarifa proviene del recibo de luz de una edificación similar del mismo condominio.

**Tabla 10***Consumo monetario de cocina con electricidad y gas natural*

| Tipo de energía | Consumo promedio de cocina de 4 hornillas encendidas | Horas aprox. de uso por día | Tarifa por recurso (S/. por servicio) | Costo diario (S/.) | Costo mensual (S/.) |
|-----------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Electricidad    | 1.2 kW/h   | 2                           | 0.652                                 | 1.565              | 46.944              |
| Gas natural     | 0.32 m <sup>3</sup> /h                               | 2                           | 1.637                                 | 1.048              | 31.430              |

Nota: Las tarifas provienen de recibos de luz y gas de una edificación similar del mismo condominio.

**Tabla 11**  
*Consumo monetario de terma con electricidad y gas natural*

| Tipo de energía | Consumo promedio de terma | Horas aprox. de encendido por día | Tarifa por recurso (S/. por servicio) | Costo diario (S/.) | Costo mensual (S/.) |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Electricidad    | 1.5 kW/h                  | 2                                 | 0.652                                 | 1.956              | 58.680              |
| Gas natural     | 1.01 m3/h                 | 1                                 | 1.637                                 | 1.653              | 49.601              |

Nota: Las tarifas provienen de recibos de luz y gas de una edificación similar del mismo condominio.

## 6. CONCLUSIONES

Según la investigación realizada, se concluye que los criterios de sostenibilidad utilizados para transformar un edificio tradicional en uno sostenible influyen en la obtención de la certificación del Bono Verde. Los aparatos sostenibles utilizados para redes hidráulicas, energéticas y de gas establecen la preservación de recursos, así como los materiales eco amigables utilizados en la construcción del edificio, lo que crean un ambiente armonioso entre los usuarios y su entorno.

En esa misma línea, se logró obtener la variación presupuestal entre un edificio sostenible para la certificación del bono verde y uno tradicional. Se señaló que dicha variación equivale al 1.92% para lograr su ejecución, por lo que se consideró irrelevante para los grandes beneficios que se otorgan. Además, se obtuvieron porcentajes de ahorro hídricos y energéticos tal como lo menciona Cuzcano en [2]. Las construcciones sostenibles consumen tan solo el 20% de lo que consume una vivienda convencional, sin que esto signifique que el costo de construcción se haya elevado por usar esta tecnología.

Cabe mencionar que el emisor de dicha certificación es el Fondo MIVIVIENDA, entidad del Estado que vela por la adquisición y desarrollo de viviendas. Para lograrlo, se une con distintas entidades bancarias con el fin de bajas cuotas iniciales, bonos y bajos intereses anuales. De este modo, obtiene un menor costo para dichas viviendas o mayores facilidades de pago. Por ende, la estabilidad económica del país la convierte en necesaria para seguir generando más posibilidades para el sector construcción, y otorgar ayuda social como el Bono Verde.

Finalmente, la influencia de la certificación del Bono Verde es positiva para los usuarios, el entorno medioambiental y sus desarrolladores inmobiliarios, pues todos encuentran mejores oportunidades de vida y fomentan el desarrollo sostenible.

## 7. RECOMENDACIONES

La certificación del Bono Verde debe ser considerada en futuros proyectos por los desarrolladores inmobiliarios debido a su gran demanda y rentabilidad. Es de gran importancia poder considerar la sostenibilidad en los proyectos como algo normativo para lograr un mejor alcance. Asimismo, se debe fomentar la participación de los usuarios a capacitaciones para maximizar el ahorro de los consumos de energía y agua. En relación a los criterios sostenibles que maneja el Bono Verde, se deberían ampliar estos para mejorar el sistema actual. A los usuarios que opten por esta certificación se les recomienda evaluar distintas entidades financieras para obtener el mejor crédito hipotecario. Cabe resaltar que los mejores ajustes financieros se encuentran con los bancos sponsor de los proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Fernández Collado, P. Baptista Lucio, y R. Hernández Sampieri, *Metodología de la Investigación*. México D. F., México: Editorial McGraw Hill, 2014
- [2] L. Cuzcano, "Construcción sostenible de vivienda y la inversión presupuestal de la Asociación de propietarios Ex Hacienda San Fernando en Pachacamac, 2017", tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo, 2017 [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12481> [Accedido: 20-set-2022]

[3] X. Garcia y A. Montoya, “Diseño y Evaluación de la Aceptabilidad Social, la Sostenibilidad Ambiental, La Factibilidad Técnica y Viabilidad Financiera de una vivienda fabricada a partir de materiales de la zona en el municipio de Zipacón, Cundimarca”, tesis de titulación, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, 2019 [En línea]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/24458> [Accedido: 21-set-2022]

[4] Fondo MIVIVIENDA. “Reglamento del Bono del Buen Pagador”. ISSUU. <https://www.mivivienda.com.pe/PortalCMS/archivos/documentos/8587605439407138340.PDF> [Accedido: 21-set-2022]

[5] Fondo MIVIVIENDA. “Procedimiento de certificación de proyectos del programa MIVIVIENDA Sostenible – Versión 09”. Departamento de Desarrollo Organizativo, Oficina de Planeamiento, Prospectiva y Desarrollo Organizativo. <https://www.mivivienda.com.pe/PORTALCMS/archivos/documentos/8585748117862715889.PDF> [Accedido: 19-set-2022]

[6] Fondo Mivivienda. “Bono Mivivienda Sostenible”. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. <https://www.mivivienda.com.pe/PORTALWEB/fondoMIVI-VIENDA/noticias-del-sector-detalle.aspx?id=1026> [Accedido: 19-set-2022]



# Beneficios de sistemas biométricos basados en lectura de Iris

## *Benefits of biometric systems based on Iris reading*

Alvaro Anibal Visitación Moreno<sup>1</sup>, Fabio Leonell Mogollón Reyes<sup>2</sup>  
y Alberto Mendoza de los Santos<sup>3</sup>

RECIBIDO: 29 de junio del 2022  
ACEPTADO: 30 de setiembre del 2022

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo encontrar beneficios del uso de imágenes del iris ocular en el campo de la biometría, para lo cual se desarrolló una revisión sistemática de la que se utilizaron las siguientes bases de datos: Scimedirect Library, IEEEExplore Library, Dialnet, Scielo y Alicia. Mediante la metodología del protocolo de Bárbara Kitchenham, se seleccionaron 13 documentos que arrojaron como principales beneficios el algoritmo por NIST, que ofrece extrema precisión e incrementa la seguridad a un nivel alto.

El protocolo de autenticación SEMBA es muy seguro contra terceros maliciosos, y la transformación circular de High protege la identidad y falsificación.

En tal sentido, se concluye que los sistemas de biometría basados en el iris son de mucha utilidad para los usuarios que lo deseen usar, siempre y cuando se sigan una serie de precauciones y no se dañen los derechos éticos de las personas que usen esta tecnología.

**Palabras clave:** biometría de iris, técnicas biométricas, reconocimiento del iris, sistemas biométricos, patrones de reconocimiento de imagen.

### ABSTRACT

The objective of this work is to find benefits and/or techniques using the treatment of images of the ocular iris in the field of biometrics, for which a Systematic Review was developed using the following databases: SCIMEDIRECT Library, IEEEEXPLORE LIBRARY, DIALNET, SCIELO and ALICIA, following the methodology of the Barbara Kitchenham protocol, where 13 documents were selected that yielded the main benefits: The NIST algorithm offers extreme precision and increases security to a high level, the SEMBA authentication protocol is very Secure against malicious third parties, High's circular transformation protects identity and counterfeiting.

And in this sense, it is concluded that iris-based biometric systems are very useful for users who wish to use it, as long as a series of precautions are followed and the ethical rights of people who use this technology are not damaged. Of great usefulness

**Keywords:** iris biometrics, biometric techniques, iris recognition, biometric systems, image recognition patterns

---

1 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[avisitacion@unitru.edu.pe](mailto:avisitacion@unitru.edu.pe)>

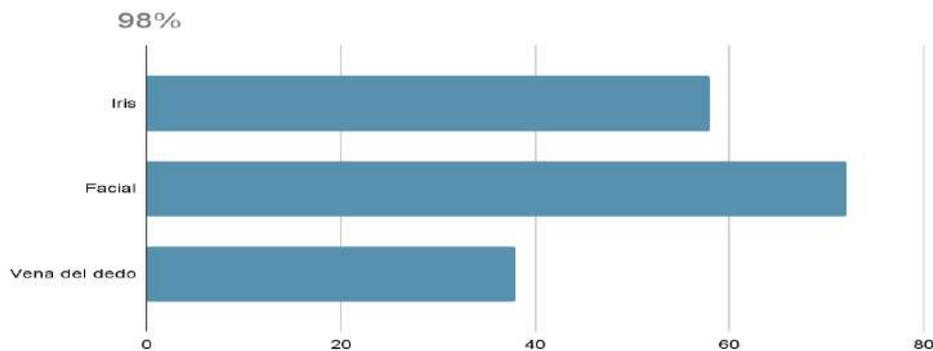
2 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[fmogollon@unitru.edu.pe](mailto:fmogollon@unitru.edu.pe)>

3 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[amendnozad@unitru.edu.pe](mailto:amendnozad@unitru.edu.pe)>

## INTRODUCCIÓN

Probar la identidad de una persona, si esta es cuestionada, se denomina autenticación [1]. Por este motivo, los sistemas biométricos tienen la capacidad de gestionar de manera correcta los pilares de la seguridad informática, la cual dispone de tres principios fundamentales como son la disponibilidad de información, la integridad y la confidencialidad. Actualmente, estos sistemas biométricos del iris dan la posibilidad a las empresas de que el proceso de identificación sea no solo más rápido, sino eficiente y confiable debido a que el intercambio de información es de manera inmediata, lo que evita la duplicidad de data y consumo de tiempo innecesario. Todo lo mencionado garantiza a la organización y a los usuarios de la misma una competitividad y productividad de mayor nivel; debido a que los procesos e individuos son tratados con mayor rapidez por el sistema de información de manera segura. El objetivo de nuestro estudio es encontrar los beneficios y/o técnicas del uso de imágenes del iris ocular en el campo de la biometría. Estos sistemas biométricos son muy beneficiosos para la autenticación en cajeros automáticos, antiterrorismo, controles fronterizos nacionales, inicio de sesión informático, en aplicaciones gubernamentales y civiles con la finalidad de agilizar los servicios y garantizar un nivel alto de seguridad a los trámites.

Para elegir la mejor opción aplicable a la autenticación por Biometría se tuvo como condición principal la seguridad y comparación del resto de técnicas la lectura de iris como muestra la Figura 1, además de la revisión de textos informativos sobre biometría que estaban incluidos en nuestro sílabo del curso Seguridad de la Información, correspondiente a las sesiones 7; Técnicas de control de accesos, 8; y Métodos de Autenticación, 11.



**Figura 1.** Precisión de los tipos de biometría. *Elaboración propia.*  
*Nota. Los datos empleados pertenecen a la investigación [2].*

De lo anteriormente expuesto surge la siguiente interrogante: ¿de qué manera el uso de los sistemas de biometría basados en el iris ocular humano permite brindar ventajas a un usuario? A partir de esta, se plantearon otras preguntas más específicas como ¿cuáles son los beneficios del reconocimiento de iris en los sistemas biométricos?, y ¿qué técnicas son utilizadas para la identificación de iris en los sistemas biométricos?

## I. METODOLOGÍA

El protocolo que se usa en esta revisión sistemática es postulado por Bárbara Kitchenham y está formado por 3 etapas, cada una de las cuales tiene sus respectivas ocupaciones: Planificación de la revisión, Ejecución de la revisión y Publicación de la Revisión.

### 1.1. Identificación de la investigación

Con el fin de obtener artículos de calidad que permitan dar respuesta a nuestras preguntas de investigación, se realizó una serie de búsquedas en las siguientes bases de datos detalladas a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Bases de datos científicas

| Bases de datos      | URL   |
|---------------------|---|
| IEEEEXPLORE LIBRARY | <a href="http://ieeexplore.ieee.org/">http://ieeexplore.ieee.org/</a>         |
| DIALNET             | <a href="https://dialnet.unirioja.es/">https://dialnet.unirioja.es/</a>       |
| SCIELO              | <a href="https://www.scielo.org/">https://www.scielo.org/</a>                 |
| ALICIA              | <a href="https://alicia.concytec.gob.pe/">https://alicia.concytec.gob.pe/</a> |

*Elaboración propia*

Se tomó en consideración utilizar los datos de la tabla 2, junto a las consultas apropiadas, y se fijó la atención en dos factores, que son las preguntas de investigación y las palabras claves de artículos científicos alusivos al tema de investigación precedente en español y en inglés para mayor rango de búsqueda.

#### **Iris biometrics security, iris biometrics, biometrics security, técnicas biométricas, reconocimiento del iris, sistemas biométricos**

A continuación, a partir de la delimitación de las bases de datos y la distinción de las palabras claves, se procedió a utilizar los operadores lógicos AND y OR, lo que dio origen a las cadenas de búsqueda (CB) (figura 2). Concretamente se consideró como estudio a los artículos de conferencias, tesis, trabajos de universidades y artículos de revistas; también se utilizaron artículos que contenían las palabras claves en el abstract o resumen.

### 1.2. Revisión preliminar de términos

| Bases de datos | Identificación | Cadena de Búsqueda           |
|----------------|----------------|------------------------------|
| IEEE           | CB1            | Iris biometrics              |
| IEEE           | CB2            | Biometrics AND security      |
| IEEE           | CB3            | Iris biometrics AND security |
| DIALNET        | CB4            | Técnicas biométricas         |
| DIALNET        | CB5            | Reconocimiento del iris      |
| SCIELO         | CB6            | Sistemas biométrico          |
| ALICIA         | CB7            | Reconocimiento del iris      |

**Figura 2.** Revisión preliminar y términos. *Elaboración propia*

### 1.3. Selección de estudios primarios

Una vez ejecutadas las CB y obtenidos los primeros estudios se pasa a determinar los criterios que serán útiles en la selección de investigaciones primarias.

## A) Criterios de inclusión

- Artículos de Investigación publicados a desde el año 2015, a pesar de la escasa información que se ha encontrado, se trata de un año no tan lejano a las nuevas actualizaciones de la tecnología que avanzan a pasos agigantados.
- Investigaciones que contengan en su resumen o en las conclusiones las palabras clave utilizadas.
- Artículos que se obtengan de la exploración en el campo de la ciencia, seguridad y tecnología.

## B) Criterios de exclusión

- Investigaciones que están inadecuadamente estructuradas por una metodología científica.
- No cumplen con los requisitos antes mencionados en criterios de inclusión.

## 1.4. Resumen de los resultados de las búsquedas

Después de haber realizado la búsqueda de artículos, el resumen se presenta a continuación, en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de la etapa de selección de artículos incluidos y excluidos.

| Base de Datos | Cadena de búsqueda | Total de estudios | de estudios incluidos | Estudios excluidos |
|---------------|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| IEEE          | CB1                | 227               | 85                    | 142                |
|               | CB2                | 193               | 58                    | 135                |
|               | CB3                | 144               | 45                    | 99                 |
| DIALNET       | CB4                | 184               | 12                    | 172                |
|               | CB5                | 132               | 10                    | 122                |
| SCIELO        | CB6                | 17                | 5                     | 10                 |
| ALICIA        | CB7                | 15                | 3                     | 12                 |

*Elaboración propia*

## 1.5. Extracción de datos y seguimiento

Por cada investigación seleccionada, se buscó encontrar al menos uno de los siguientes criterios:

- Beneficios de la identificación biométrica de iris, basado en la PI01.
- Las técnicas más eficientes para la identificación de biometría de iris, basado en la PI02.
- Conclusiones relevantes

### 1.6. Síntesis de datos

| N°  | DOCUMENTO  | AUTOR(ES)  | AÑO  | LUGAR DE PUBLICACIÓN        |
|-----|--|--|------|-----------------------------|
| D01 | Advanced ATM System Using Iris Scanner   | Indraniil banerjee, Sjjivangam Mookherjee, et al. [1]                        | 2019 | Kolkata, India              |
| D02 | SEMBA: secure multi-biometric authentication   | Mauro Barni, Giulia Droandi, et. al. [2]                                     | 2018 | Italia                      |
| D03 | Human biometrics detection and recognition system using SVM and genetic algorithm iris as an example                               | Anfal Waled y Sefer Kumaz [3]  | 2021 | Estambul, Turquía           |
| D04 | Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima | Marín Moya Jonathan [4]  | 2017 | Lima, Perú                  |
| D05 | Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris  | Valencia Murillo, José; Poveda Sendales, Daniel, Valencia Vargas, Daniel [5] | 2019 | La Rioja, España            |
| D06 | Design and Implementation of a Student Attendance System Using Iris Biometric Recognition  | Olatunji J. Okesola, Okonigene Robert, et al [6]                             | 2017 | Ogun State, Nigeria         |
| D07 | Enhancing bank security system using Face Recognition, Iris Scanner and Palm Vein Technology                                       | Raj Gusain, Hemant Jain y Shivedra Pratap [7]                                | 2018 | Dehradun, India             |
| D08 | Iris as Biometrics for Security System   | Bhakti B. Bhaganagare y Avinash D. Harale [8]                                | 2017 | Maharashtra, India          |
| D09 | Deep Learning Approach for Multi-modal Biometric Recognition System Based on Fusion of Iris, Face, and Finger Vein Traits.         | Silva, P., Luz, E., Zanlorensi, L., Menotti, D. and Moreira, G. [9]          | 2018 | Arabia Saudita              |
| D10 | Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card  | Firdous Kausar [10]  | 2021 | Muscat, Omán                |
| D11 | Enhanced Biometric Recognition for secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography             | vani Rajasekar, J. Premalatha, and K. Sathya [11]                            | 2020 | India                       |
| D12 | Multimodal Biometrics Authentication System Fingerprint and Iris   | Miss. Kamble Sunayana Nivrutti, Prof. Gund. V. D., Prof. Kazi K [12]         | 2018 | Solapur, Maharashtra, India |
| D13 | Advanced IRIS Recognition System: A Review   | Saumitra Vatsal, Mr. Shyam Shankar Dwivedi [13]                              | 2018 | Lucknow, India.             |

**Figura 3.** Resultados de la etapa de elección de artículos incluidos y excluidos  
Elaboración propia

## II. RESULTADOS

### 2.1. Extracción de datos

Aplicando los criterios de selección se obtuvieron 13 documentos de investigación, de los que se extrajo la información necesaria referente a las preguntas de investigación.

#### 2.1.1. Sistema de cajero automático avanzado con escáner de iris

- La ventaja que ofrece nuestro sistema es el uso de biometría bajo la norma ISO/IEC 1794-6. Está respaldado por NIST lo que garantiza un algoritmo extremadamente preciso que está certificado por STQC.
- El uso del escáner de iris como principal control de validación de identidad hace que el sistema se asegure automáticamente.
- El uso de un lector de huellas dactilares ligado a una tarjeta RFID y a la par de un escáner de iris, incrementa el nivel de seguridad del sistema un nivel más alto.
- En caso se extravió la tarjeta no hay riesgo de fraude sin la lectura de huella dactilar e iris, por lo que

ninguna transacción sería posible.

### **2.1.2. SEMBA: secure multi-biometric authentication**

- SEMBA es un protocolo de autenticación multimodal basado en SPDZ, protocolo de cálculo seguro de dos o más partes en contra de un activo adversario que corrompe hasta  $n-1$  de  $n$  jugadores.
- El uso de este sistema multimodal aumenta el proceso en términos de multiplicaciones y tiempo de evaluación (Luo et al. 573 ms, SEMBA 30ms, experimento, y 120ms, online), la precisión a un costo insignificante de incremento de complejidad y es seguro contra terceros maliciosos, lo que proporciona un nivel de seguridad alto.

### **2.1.3. Detección de biometría humana y sistema de reconocimiento utilizando SVM y el iris del algoritmo genético como ejemplo**

- Proponen métodos alternativos para realizar un sistema cooperativo de reconocimiento de iris.
- Para la segmentación de iris utilizan el popular método “Girl 's eye”, lo que constituye una clara referencia al método desarrollado por Richard P. Wildes.
- En la etapa de extracción de propiedades del iris se utiliza a la familia de onditas Daubechies.
- El proceso de clasificación, el procesamiento digital de la sub-imagen de iris, aplica la Máquina de Vectores de Soporte (SVM) y produce resultados más precisos en el análisis de la realidad del espacio geográfico (SVM - 90%, CNN - 85%).

### **2.1.4. Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima**

- Se hizo un análisis de comparación para elegir la mejor opción entre las técnicas de reconocimiento, utilizados en los cajeros automáticos de los bancos y resultó que la lectura de iris es la más segura, aunque puede llegar a ser algo molesto para los usuarios.
- Y a diferencia de las tarjetas de crédito, se tendrá los siguientes beneficios:
  - Mínima posibilidad de robo
  - Mínima posibilidad de pérdida
  - No hay costo de mantenimiento
  - No hay vulnerabilidad ante el espionaje
  - Mínima vulnerabilidad por fuerza bruta
  - Se pueden autenticar usuarios reales

### **2.1.5. Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris**

- Los resultados demuestran que el algoritmo Filtro Gaussiano, que permite visualizar las regiones más suaves en los sitios donde los valores intensos son homogéneos sin diluir los bordes de la imagen, generó uno de los incrementos más grandes de los porcentajes de segmentación y resultó exitosa para determinar los márgenes exteriores del iris y los márgenes exteriores de la pupila. Se hizo uso de la transformada circular de Hough, pasa de 59% (algoritmo de segmentación tradicional introducida por Masek) a 73%, y se aplicó un filtro Gaussiano con máscara 5x5 , además de usar la base de datos CASIA.
- Estos resultados permiten enfatizar en el valor de una fase previa en el pre procesamiento de una imagen para garantizar una mejor efectividad en la segmentación.

### **2.1.6. Diseño e implementación de un sistema de asistencia estudiantil mediante reconocimiento biométrico de iris**

- El uso de iris como control biométrico en la toma de asistencia elimina los problemas de suplantación de identidad y falsificación.
- En las pruebas realizadas se aplicó una mejorada técnica de segmentación de iris mediante el uso de la transformación circular de Hough, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- La FMR (Tasa de Coincidencia Falsa) obtenido fue de 0%
- La FPIR (Tasa de Identificación Positiva Falsa) es igual a 0
- La FNIR (Tasa Negativa de Identificación Falsa) es de 0

### **2.1.7. Mejora del sistema de seguridad bancaria usando reconocimiento facial, escáner de iris y tecnología Palm Vein**

- La tecnología de reconocimiento de la vena de la palma (PVR) garantiza un alto nivel de seguridad debido a la precisión de la confiable técnica, Zhang-Suen thinning technique, que es considerada como la más segura en cuestiones de seguridad.
- El algoritmo “Hamming Distance” de Daugman ofrece un reconocimiento eficiente, mediante la transformada de fourier, de la biometría facial, incluye iris.

### **2.1.8. Iris como sistema biométrico para seguridad**

- El sistema propuesto garantiza un nivel de seguridad alto mediante el reconocimiento libre de errores para el ingreso de personal en áreas restringidas, a través del reconocimiento biométrico de iris.
- Para garantizar el correcto reconocimiento biométrico de iris utilizaron la hoja modelo de Daugman’s rubber, Hamming distance y hardware como RS 232(comunicador en serie), microcontrolador, fuente de poder, laptop y una pantalla LCD.

### **2.1.9. Deep Learning Approach for Multimodal Biometric Recognition System Based on Fusion of Iris, Face, and Finger Vein Traits**

- El sistema propuesto utiliza un modelo biométrico multimodal para la identificación de usuario, y logra una precisión de 99,39% según se demostró en los experimentos realizados.
- Mediante el uso de la biometría multimodal, es decir, de tres CNNs, reconocimiento de iris, facial y vena de los dedos, se logró el porcentaje mencionado en el punto anterior; mientras que el uso de la biometría unimodal de iris logró una precisión de 98.58%.

### **2.1.10. Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card**

- El sistema que proponen es seguro y la autenticación biométrica criptosistema cancelable basado en el iris proporciona autenticación y cifrado seguro datos de médicos del usuario.
- Los resultados del experimento demostraron que se obtuvo una llave (key) de 256 bits con una FAR (Tasa de Aceptación Falsa) de 0%, FRR (Tasa de Falso Rechazo) de 7%.
- El análisis de seguridad indicó que un atacante es incapaz de obtener la llave, mediante ataque de coincidencia cruzada, desde la data almacenada en la tarjeta médica inteligente porque el biométrico cancelable está integrado a un criptosistema biométrico.

### **2.1.11. Enhanced Biometric Recognition for Secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography**

- Proponen dos enfoques novedosos como el 2D Gabor kernel para extracción de características y el enfoque HECC para encriptar la plantilla original de iris a plantillas cifradas. Esto con el fin de evitar que un atacante comprometa la base de datos de plantillas.
- Los resultados que se obtuvieron fueron de una TAR (Tasa de Aceptación Verdadera) de 100%, ERR (Tasa de Error Igual) de 2.5% y una precisión mejorada de 99.74% con un tiempo de reconocimiento de 3 segundos. Debido a su alta precisión y seguridad, el estudio será destinado a aplicaciones militares.

### **2.1.12. Multimodal Biometrics Authentication System Fingerprint and Iris**

- Para el propósito de la clasificación, el support vector machine (SVM) se utiliza como clasificador principal mientras que la distancia de Hamming es utilizado como clasificador secundario; de su combinación, se logra una precisión del 99,88% en CASIA (base de datos de imágenes de iris).

### 2.1.13. Advanced IRIS Recognition System: A Review

- Se escoge el uso de la Retina para el trabajo de reconocimiento debido a que está bien protegido por la córnea, tiene una estructura casi plana y su dilatación y constricción tienen lugar en virtud de dos músculos, dilatador pupillae y pupillae constrictor, respectivamente, los cuales controlan el diámetro de las pupilas.
- Se hace énfasis en el reconocimiento de iris para la autenticación en cajeros automáticos, antiterrorismo, controles fronterizos nacionales, inicio de sesión informático.
- Como técnica de coincidencia, todos los pasos de procesamiento de imágenes son incorporados en el momento de la inscripción de las plantillas de iris codificadas en la base de datos que son del sistema. Una vez que se extrae el patrón de bits cifrado que corresponden a la imagen binaria formada, se compara con todos patrones de bits encriptados y almacenados mediante el XOR booleano y la medida de disimilitud entre dos bits de iris. Los patrones se calculan mediante el uso de HD (distancia de Hamming) representado en:

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j(XOR)Y_j$$

donde  $N$  denota el número total de bits para cada patrón de iris.

### 2.2. Síntesis de datos

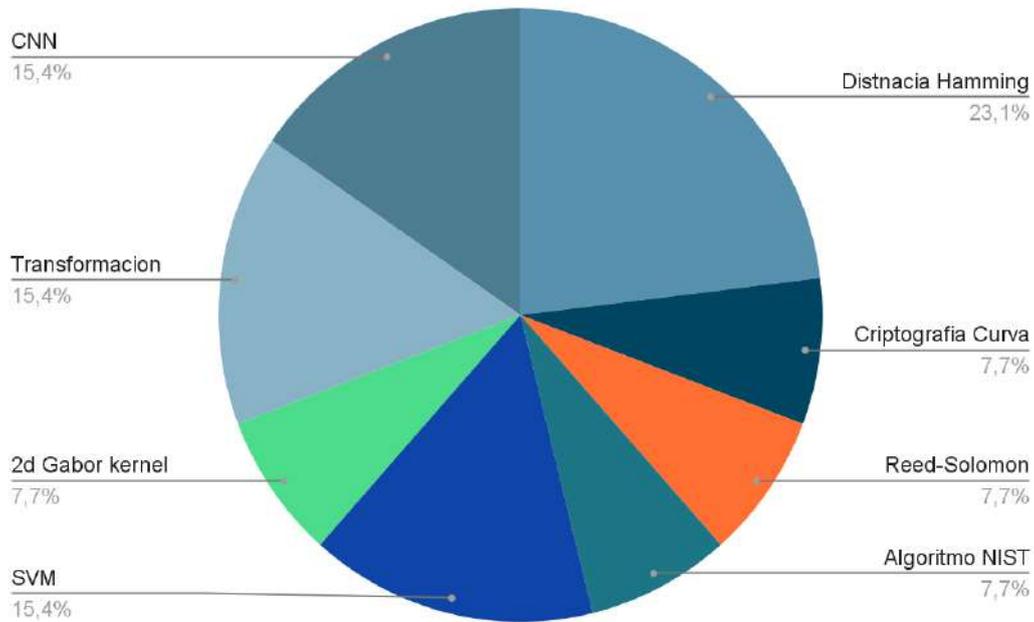
En la tabla 3 se describe en forma resumida el proceso de selección de estudios correspondientes a su respectiva etapa.

**Tabla 3.** Resultados de selección de estudios primarios

| Base de Datos | Encontrados | Coincidencias | Seleccionados |
|---------------|-------------|---------------|---------------|
| IEEE          | 564         | 192           | 6             |
| DIALNET       | 316         | 22            | 2             |
| SCIELO        | 17          | 5             | 2             |
| ALICIA        | 15          | 3             | 3             |
| TOTAL         | 912         | 223           | 13            |

*Elaboración propia*

Luego de extraer la información de cada estudio seleccionado se puede observar en la figura 4 que, a partir del problema abordado, una gran cantidad de documentos mencionan las ventajas de los sistemas biométricos basados en lectura de Iris. Del mismo modo, se puede encontrar el uso de técnicas como algoritmos para mejorar el uso de estos sistemas.



**Figura 4.** Resultados de selección de estudios primarios

*Elaboración propia*

### III. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

#### 4.1. Discusión

- Los trabajos [3] y [2] coinciden en usar la base de datos de patrones de Iris correspondiente a CASIA para las pruebas en sus investigaciones.
- Uno de los pasos importantes para lograr el reconocimiento por iris es la segmentación como en [4] utiliza el popular método “Girl’s eye”, que es una clara referencia al método desarrollado por Richard P. Wildes, en comparación con [3] que utiliza la transformada circular de Hough, que pasa de 59% (algoritmo de segmentación tradicional introducida por Masek) a 73% en éxito de precisión. Por otro lado, en el proyecto [5], se utiliza la transformación circular de Hough y se obtuvo la FMR (Tasa de Coincidencia Falsa) de 0%.
- Se hizo uso de la biometría multimodal para reforzar el reconocimiento del iris, como es el caso del proyecto [6], que señala un aumento en el proceso en términos de multiplicaciones y tiempo de evaluación (573 ms, SEMBA 30ms, experimento, y 120ms, online) y mejora la precisión. También en el artículo [7] se utiliza un modelo biométrico multimodal para la identificación de usuarios y se logró una precisión de 99,39% según se demostró en los experimentos realizados.
- El algoritmo “distancia de Hamming” de Daugman es muy común cuando hablamos de biometría de iris por la precisión que ofrece y por ser el más conocido tal y como demuestran los estudios [8], [9], [4], [6] y [7]. Sin embargo, no es el único camino para lograr un alto nivel de precisión. Esto queda demostrado en [10] con el algoritmo de extrema precisión probado por las NIST, Firdous Kasar y el algoritmo de REED-SOLOMON y Vani Rajasekar et al. con su criptografía de curva hiperéptica.

## 4.2. Conclusiones

Se logró identificar el objetivo teniendo como técnicas y beneficios a:

- El algoritmo está respaldado por NIST y certificado por STQC, que ofrece extrema precisión e incrementa la seguridad a un nivel alto.
- El protocolo de autenticación SEMBA, basado en SPDZ, reduce los tiempos de proceso a 120 ms en pruebas de campo reales(online) y además es seguro contra terceros maliciosos y brinda un nivel de seguridad alto.
- La transformación circular de High en la segmentación de iris da como resultado FMR=0%, FPIR=0 Y FNIR=0 y en consecuencia la eliminación de suplantación de identidad y falsificación.
- La hoja modelo de Daugman's rubber, hamming distance para un correcto reconocimiento biométrico libre de errores garantiza un nivel de seguridad alto para el ingreso en áreas restringidas.
- El sistema unimodal biométrico de iris logra una precisión en la autenticación de 95.58. Sin embargo, para circunstancias mucho más exigentes, un modelo biométrico multimodal, es decir biometría de iris, facial y venas de los dedos mediante el uso de CNNs, logra una identificación con precisión de 99.39%.
- La autenticación biométrica de criptosistema mediante el algoritmo de REED-SOLOMON (FAR=0% y FRR=7%) brinda seguridad a los datos médicos del usuario además de proporcionar un escudo contra terceros atacantes.
- El uso de preprocesamiento de iris y criptografía curva hiperelíptica ofrece seguridad a los datos del usuario mediante la encriptación de las plantillas con unos resultados de TAR=100%, ERR=2.5% y una precisión de 99.74% con un tiempo de reconocimiento de 3 segundos.
- El uso del algoritmo de Hamming junto con el SVM garantizan un nivel alto de seguridad y brindan una precisión del 99.88%

También se admite que se logró cumplir con los estándares propuestos en el protocolo de Kitchenham como planificación de la revisión, ejecución de la revisión y publicación de resultados, lo cual nos ha generado calidad, consistencia, y transparencia y servido de mucha ayuda en el proceso de la revisión sistemática.

Sin embargo, en esta revisión, se ha mostrado y examinado el presente, de igual forma las tendencias en los avances tecnológicos en el reconocimiento del iris humano, que en la actualidad se van consolidando y participando en los campos de investigación. Además, se evidencia la necesidad de hacer importantes esfuerzos referentes a la indagación e implementación de sistemas para avanzar en el reconocimiento del iris más eficiente.

Por último, se debería tomar en cuenta los aspectos de privacidad y revisar los derechos de protección de datos de las personas para que útil herramienta no perjudique a los usuarios que la utilizan.

## REFERENCIAS

- [1] IBM, «IBM MQ,» 20 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/-docs/es/ibm-mq/7.5?topic=ssfsj-7-5-0-com-ibm-mq-sec-doc-q009740htm>. [Último acceso: 29 11 2022].
- [2] M. Nivrucci, P. D y P. S, «Multimodal Biometrics Authentication System using Fusion of Fingerprint and Iris,» International Journal of Trend in Scientific Research and Development, Volume-2(Issue-6), pp.1282-1286, 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd18861>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [3] J. F. Valencia-Murillo, D. A. Poveda-Sendales y D. F. Valencia-Vargas, « Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris,» TecnoLógicas, ISSN 0123-7799, ISSN-e 2256-5337, Vol. 17, No. 33, 2014 (Ejemplar Dedicado a: Julio-Diciembre), Págs. 31-41, 17(33), 31-4, 2019. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5062924&-info=resumen&idioma=SPA>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].

- [4] A. Al-zanganawi y S. Kurnaz , « Human Biometrics Detection And Recognition System Using SVM And Genetic Algorithm Iris As An Example,» 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/-ISMSIT50672.2020.9255095>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [5] K. Okokpujie, E. Noma-Osaghae, O. Okesola, S. John y O. Robert, « Design and Implementation of a Student Attendance System Using Iris Biometric Recognition,» International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI, 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.96> . [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [6] M. Barni, G. Droandi, . R. Lazzeretti y T. Pignata, «SEMBA: secure multi-biometric authentication.,» IET Biometrics, 8(6), pp.411-421, 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1049/iet-bmt.2018.5138>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [7] P. Silva, E. Luz, L. Zanlorensi, D. Menotti y G. Moreira, «Multimodal Feature Level Fusion based on Particle Swarm Optimization with Deep Transfer Learning,» IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/CEC.2018.8477817>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [8] R. Gusain, H. Jain y S. Pratap, «Enhancing bank security system using Face Recognition, Iris Scanner and Palm Vein Technology,» 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), 2018., 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/IoTSIU.2018.-8519850>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [9] B. Bhaganagare y A. Harale, « Iris as biometrics for security system,» Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/-ICECCT.2017.8117952>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [10] I. Banerje, S. Mookherjee, S. Saha, S. Ganguli, S. Kundu y D. Chakravarti, «Advanced ATM System Using Iris Scanner,» International Conference on Opto-Electronics and Applied Optics (Optronix), 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/OPTRONIX.2019.8862388>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [11] J. A. Marín Moya, «Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima -2017,» 2017. [En línea]. Available: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.50-0.12867/862/Jonathan%20Marin\\_Tesis\\_Trabajo%20Profesional\\_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.50-0.12867/862/Jonathan%20Marin_Tesis_Trabajo%20Profesional_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y). [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [12] F. Kausar, « Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card,» Egyptian Informatics Journal, 22(4), pp.447-453, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eij.2021.01.004>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [13] V. Rajasekar, J. Premalatha y K. Sathya, «Enhanced Biometric Recognition for Secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography,» Wireless Communications and Mobile Computing, 2020, pp.1-15, 2020, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1155/2020/8841021>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [14] S. Vatsal y S. Mr. Shankar Dwivedi, «Advanced IRIS Recognition System: A Review.,» International Journal of Modern Communication Technologies & Research (IJMCTR), 6(5),, 2018. [En línea]. Available: <https://www.neliti.com/publications/265090/advanced-iris-recognition-system-a-review>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].

- [15] M. S. García Vásquez y A. Á. Ramírez- Acosta, «Avances en el reconocimiento del iris: perspectivas y oportunidades en la investigación de algoritmos biométricos,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v16-n3/v16n3a2.pdf>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].



# Beneficios de sistemas biométricos basados en lectura de Iris

## *Benefits of biometric systems based on Iris reading*

Alvaro Anibal Visitación Moreno<sup>1</sup>, Fabio Leonell Mogollón Reyes<sup>2</sup>  
y Alberto Mendoza de los Santos<sup>3</sup>

RECIBIDO: 29 de junio del 2022  
ACEPTADO: 30 de setiembre del 2022

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo encontrar beneficios del uso de imágenes del iris ocular en el campo de la biometría, para lo cual se desarrolló una revisión sistemática de la que se utilizaron las siguientes bases de datos: Scienedirect Library, IEEEExplore Library, Dialnet, Scielo y Alicia. Mediante la metodología del protocolo de Bárbara Kitchenham, se seleccionaron 13 documentos que arrojaron como principales beneficios el algoritmo por NIST, que ofrece extrema precisión e incrementa la seguridad a un nivel alto.

El protocolo de autenticación SEMBA es muy seguro contra terceros maliciosos, y la transformación circular de High protege la identidad y falsificación.

En tal sentido, se concluye que los sistemas de biometría basados en el iris son de mucha utilidad para los usuarios que lo deseen usar, siempre y cuando se sigan una serie de precauciones y no se dañen los derechos éticos de las personas que usen esta tecnología.

**Palabras clave:** biometría de iris, técnicas biométricas, reconocimiento del iris, sistemas biométricos, patrones de reconocimiento de imagen.

### ABSTRACT

The objective of this work is to find benefits and/or techniques using the treatment of images of the ocular iris in the field of biometrics, for which a Systematic Review was developed using the following databases: SCIEDIRECT Library, IEEEEXPLORE LIBRARY, DIALNET, SCIELO and ALICIA, following the methodology of the Barbara Kitchenham protocol, where 13 documents were selected that yielded the main benefits: The NIST algorithm offers extreme precision and increases security to a high level, the SEMBA authentication protocol is very Secure against malicious third parties, High's circular transformation protects identity and counterfeiting.

And in this sense, it is concluded that iris-based biometric systems are very useful for users who wish to use it, as long as a series of precautions are followed and the ethical rights of people who use this technology are not damaged. Of great usefulness

**Keywords:** iris biometrics, biometric techniques, iris recognition, biometric systems, image recognition patterns

---

1 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[avisitacion@unitru.edu.pe](mailto:avisitacion@unitru.edu.pe)>

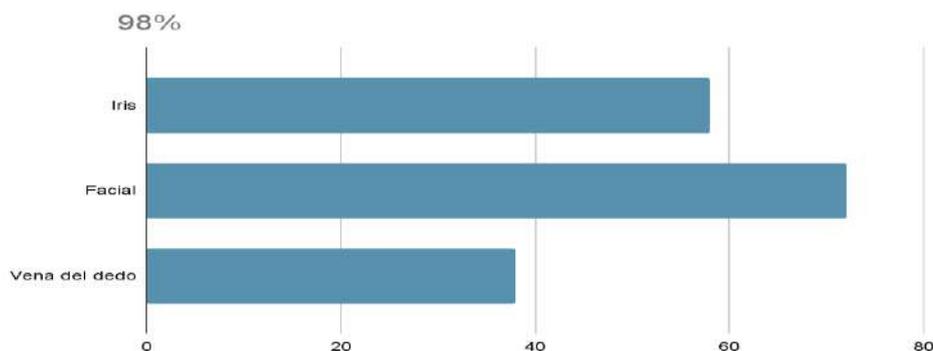
2 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[fmogollon@unitru.edu.pe](mailto:fmogollon@unitru.edu.pe)>

3 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, <[amendndozad@unitru.edu.pe](mailto:amendndozad@unitru.edu.pe)>

## INTRODUCCIÓN

Probar la identidad de una persona, si esta es cuestionada, se denomina autenticación [1]. Por este motivo, los sistemas biométricos tienen la capacidad de gestionar de manera correcta los pilares de la seguridad informática, la cual dispone de tres principios fundamentales como son la disponibilidad de información, la integridad y la confidencialidad. Actualmente, estos sistemas biométricos del iris dan la posibilidad a las empresas de que el proceso de identificación sea no solo más rápido, sino eficiente y confiable debido a que el intercambio de información es de manera inmediata, lo que evita la duplicidad de data y consumo de tiempo innecesario. Todo lo mencionado garantiza a la organización y a los usuarios de la misma una competitividad y productividad de mayor nivel; debido a que los procesos e individuos son tratados con mayor rapidez por el sistema de información de manera segura. El objetivo de nuestro estudio es encontrar los beneficios y/o técnicas del uso de imágenes del iris ocular en el campo de la biometría. Estos sistemas biométricos son muy beneficiosos para la autenticación en cajeros automáticos, antiterrorismo, controles fronterizos nacionales, inicio de sesión informático, en aplicaciones gubernamentales y civiles con la finalidad de agilizar los servicios y garantizar un nivel alto de seguridad a los trámites.

Para elegir la mejor opción aplicable a la autenticación por Biometría se tuvo como condición principal la seguridad y comparación del resto de técnicas la lectura de iris como muestra la Figura 1, además de la revisión de textos informativos sobre biometría que estaban incluidos en nuestro sílabo del curso Seguridad de la Información, correspondiente a las sesiones 7; Técnicas de control de accesos, 8; y Métodos de Autenticación, 11.



**Figura 1.** Precisión de los tipos de biometría. *Elaboración propia.*  
*Nota. Los datos empleados pertenecen a la investigación [2].*

De lo anteriormente expuesto surge la siguiente interrogante: ¿de qué manera el uso de los sistemas de biometría basados en el iris ocular humano permite brindar ventajas a un usuario? A partir de esta, se plantearon otras preguntas más específicas como ¿cuáles son los beneficios del reconocimiento de iris en los sistemas biométricos?, y ¿qué técnicas son utilizadas para la identificación de iris en los sistemas biométricos?

## I. METODOLOGÍA

El protocolo que se usa en esta revisión sistemática es postulado por Bárbara Kitchenham y está formado por 3 etapas, cada una de las cuales tiene sus respectivas ocupaciones: Planificación de la revisión, Ejecución de la revisión y Publicación de la Revisión.

### 1.1. Identificación de la investigación

Con el fin de obtener artículos de calidad que permitan dar respuesta a nuestras preguntas de investigación, se realizó una serie de búsquedas en las siguientes bases de datos detalladas a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Bases de datos científicas

| Bases de datos      | URL   |
|---------------------|---|
| IEEEEXPLORE LIBRARY | <a href="http://ieeexplore.ieee.org/">http://ieeexplore.ieee.org/</a>         |
| DIALNET             | <a href="https://dialnet.unirioja.es/">https://dialnet.unirioja.es/</a>       |
| SCIELO              | <a href="https://www.scielo.org/">https://www.scielo.org/</a>                 |
| ALICIA              | <a href="https://alicia.concytec.gob.pe/">https://alicia.concytec.gob.pe/</a> |

*Elaboración propia*

Se tomó en consideración utilizar los datos de la tabla 2, junto a las consultas apropiadas, y se fijó la atención en dos factores, que son las preguntas de investigación y las palabras claves de artículos científicos alusivos al tema de investigación precedente en español y en inglés para mayor rango de búsqueda.

#### **Iris biometrics security, iris biometrics, biometrics security, técnicas biométricas, reconocimiento del iris, sistemas biométricos**

A continuación, a partir de la delimitación de las bases de datos y la distinción de las palabras claves, se procedió a utilizar los operadores lógicos AND y OR, lo que dio origen a las cadenas de búsqueda (CB) (figura 2). Concretamente se consideró como estudio a los artículos de conferencias, tesis, trabajos de universidades y artículos de revistas; también se utilizaron artículos que contenían las palabras claves en el abstract o resumen.

### 1.2. Revisión preliminar de términos

| Bases de datos | Identificación | Cadena de Búsqueda           |
|----------------|----------------|------------------------------|
| IEEE           | CB1            | Iris biometrics              |
| IEEE           | CB2            | Biometrics AND security      |
| IEEE           | CB3            | Iris biometrics AND security |
| DIALNET        | CB4            | Técnicas biométricas         |
| DIALNET        | CB5            | Reconocimiento del iris      |
| SCIELO         | CB6            | Sistemas biométrico          |
| ALICIA         | CB7            | Reconocimiento del iris      |

**Figura 2.** Revisión preliminar y términos. *Elaboración propia*

### 1.3. Selección de estudios primarios

Una vez ejecutadas las CB y obtenidos los primeros estudios se pasa a determinar los criterios que serán útiles en la selección de investigaciones primarias.

## A) Criterios de inclusión

- Artículos de Investigación publicados a desde el año 2015, a pesar de la escasa información que se ha encontrado, se trata de un año no tan lejano a las nuevas actualizaciones de la tecnología que avanzan a pasos agigantados.
- Investigaciones que contengan en su resumen o en las conclusiones las palabras clave utilizadas.
- Artículos que se obtengan de la exploración en el campo de la ciencia, seguridad y tecnología.

## B) Criterios de exclusión

- Investigaciones que están inadecuadamente estructuradas por una metodología científica.
- No cumplen con los requisitos antes mencionados en criterios de inclusión.

## 1.4. Resumen de los resultados de las búsquedas

Después de haber realizado la búsqueda de artículos, el resumen se presenta a continuación, en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de la etapa de selección de artículos incluidos y excluidos.

| Base de Datos | Cadena de búsqueda | Total estudios | Estudios incluidos | Estudios excluidos |
|---------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|
| IEEE          | CB1                | 227            | 85                 | 142                |
|               | CB2                | 193            | 58                 | 135                |
|               | CB3                | 144            | 45                 | 99                 |
| DIALNET       | CB4                | 184            | 12                 | 172                |
|               | CB5                | 132            | 10                 | 122                |
| SCIELO        | CB6                | 17             | 5                  | 10                 |
| ALICIA        | CB7                | 15             | 3                  | 12                 |

*Elaboración propia*

## 1.5. Extracción de datos y seguimiento

Por cada investigación seleccionada, se buscó encontrar al menos uno de los siguientes criterios:

- Beneficios de la identificación biométrica de iris, basado en la PI01.
- Las técnicas más eficientes para la identificación de biometría de iris, basado en la PI02.
- Conclusiones relevantes

### 1.6. Síntesis de datos

| Nº  | DOCUMENTO  | AUTOR(ES)  | AÑO  | LUGAR DE PUBLICACIÓN        |
|-----|--|--|------|-----------------------------|
| D01 | Advanced ATM System Using Iris Scanner   | Indraniil banerjee, Sjjivangam Mookherjee, et al. [1]                        | 2019 | Kolkata, India              |
| D02 | SEMBA: secure multi-biometric authentication   | Mauro Barni, Giulia Droandi, et. al. [2]                                     | 2018 | Italia                      |
| D03 | Human biometrics detection and recognition system using SVM and genetic algorithm iris as an example                               | Anfal Waled y Sefer Kumaz [3]  | 2021 | Estambul, Turquía           |
| D04 | Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima | Marín Moya Jonathan [4]  | 2017 | Lima, Perú                  |
| D05 | Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris  | Valencia Murillo, José; Poveda Sendales, Daniel, Valencia Vargas, Daniel [5] | 2019 | La Rioja, España            |
| D06 | Design and Implementation of a Student Attendance System Using Iris Biometric Recognition  | Olatunji J. Okesola, Okonigene Robert, et al [6]                             | 2017 | Ogun State, Nigeria         |
| D07 | Enhancing bank security system using Face Recognition, Iris Scanner and Palm Vein Technology                                       | Raj Gusain, Hemant Jain y Shivedra Pratap [7]                                | 2018 | Dehradun, India             |
| D08 | Iris as Biometrics for Security System   | Bhakti B. Bhaganagare y Avinash D. Harale [8]                                | 2017 | Maharashtra, India          |
| D09 | Deep Learning Approach for Multi-modal Biometric Recognition System Based on Fusion of Iris, Face, and Finger Vein Traits.         | Silva, P., Luz, E., Zanlorensi, L., Menotti, D. and Moreira, G. [9]          | 2018 | Arabia Saudita              |
| D10 | Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card  | Firdous Kausar [10]  | 2021 | Muscat, Omán                |
| D11 | Enhanced Biometric Recognition for secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography             | vani Rajasekar, J. Premalatha, and K. Sathya [11]                            | 2020 | India                       |
| D12 | Multimodal Biometrics Authentication System Fingerprint and Iris   | Miss. Kamble Sunayana Nivrutti, Prof. Gund. V. D., Prof. Kazi K [12]         | 2018 | Solapur, Maharashtra, India |
| D13 | Advanced IRIS Recognition System: A Review   | Saumitra Vatsal, Mr. Shyam Shankar Dwivedi [13]                              | 2018 | Lucknow, India.             |

**Figura 3.** Resultados de la etapa de elección de artículos incluidos y excluidos  
Elaboración propia

## II. RESULTADOS

### 2.1. Extracción de datos

Aplicando los criterios de selección se obtuvieron 13 documentos de investigación, de los que se extrajo la información necesaria referente a las preguntas de investigación.

#### 2.1.1. Sistema de cajero automático avanzado con escáner de iris

- La ventaja que ofrece nuestro sistema es el uso de biometría bajo la norma ISO/IEC 1794-6. Está respaldado por NIST lo que garantiza un algoritmo extremadamente preciso que está certificado por STQC.
- El uso del escáner de iris como principal control de validación de identidad hace que el sistema se asegure automáticamente.
- El uso de un lector de huellas dactilares ligado a una tarjeta RFID y a la par de un escáner de iris, incrementa el nivel de seguridad del sistema un nivel más alto.
- En caso se extravió la tarjeta no hay riesgo de fraude sin la lectura de huella dactilar e iris, por lo que

ninguna transacción sería posible.

### **2.1.2. SEMBA: secure multi-biometric authentication**

- SEMBA es un protocolo de autenticación multimodal basado en SPDZ, protocolo de cálculo seguro de dos o más partes en contra de un activo adversario que corrompe hasta  $n-1$  de  $n$  jugadores.
- El uso de este sistema multimodal aumenta el proceso en términos de multiplicaciones y tiempo de evaluación (Luo et al. 573 ms, SEMBA 30ms, experimento, y 120ms, online), la precisión a un costo insignificante de incremento de complejidad y es seguro contra terceros maliciosos, lo que proporciona un nivel de seguridad alto.

### **2.1.3. Detección de biometría humana y sistema de reconocimiento utilizando SVM y el iris del algoritmo genético como ejemplo**

- Proponen métodos alternativos para realizar un sistema cooperativo de reconocimiento de iris.
- Para la segmentación de iris utilizan el popular método “Girl 's eye”, lo que constituye una clara referencia al método desarrollado por Richard P. Wildes.
- En la etapa de extracción de propiedades del iris se utiliza a la familia de onditas Daubechies.
- El proceso de clasificación, el procesamiento digital de la sub-imagen de iris, aplica la Máquina de Vectores de Soporte (SVM) y produce resultados más precisos en el análisis de la realidad del espacio geográfico (SVM - 90%, CNN - 85%).

### **2.1.4. Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima**

- Se hizo un análisis de comparación para elegir la mejor opción entre las técnicas de reconocimiento, utilizados en los cajeros automáticos de los bancos y resultó que la lectura de iris es la más segura, aunque puede llegar a ser algo molesto para los usuarios.
- Y a diferencia de las tarjetas de crédito, se tendrá los siguientes beneficios:
  - Mínima posibilidad de robo
  - Mínima posibilidad de pérdida
  - No hay costo de mantenimiento
  - No hay vulnerabilidad ante el espionaje
  - Mínima vulnerabilidad por fuerza bruta
  - Se pueden autenticar usuarios reales

### **2.1.5. Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris**

- Los resultados demuestran que el algoritmo Filtro Gaussiano, que permite visualizar las regiones más suaves en los sitios donde los valores intensos son homogéneos sin diluir los bordes de la imagen, generó uno de los incrementos más grandes de los porcentajes de segmentación y resultó exitosa para determinar los márgenes exteriores del iris y los márgenes exteriores de la pupila. Se hizo uso de la transformada circular de Hough, pasa de 59% (algoritmo de segmentación tradicional introducida por Masek) a 73%, y se aplicó un filtro Gaussiano con máscara 5x5 , además de usar la base de datos CASIA.
- Estos resultados permiten enfatizar en el valor de una fase previa en el pre procesamiento de una imagen para garantizar una mejor efectividad en la segmentación.

### **2.1.6. Diseño e implementación de un sistema de asistencia estudiantil mediante reconocimiento biométrico de iris**

- El uso de iris como control biométrico en la toma de asistencia elimina los problemas de suplantación de identidad y falsificación.
- En las pruebas realizadas se aplicó una mejorada técnica de segmentación de iris mediante el uso de la transformación circular de Hough, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- La FMR (Tasa de Coincidencia Falsa) obtenido fue de 0%
- La FPIR (Tasa de Identificación Positiva Falsa) es igual a 0
- La FNIR (Tasa Negativa de Identificación Falsa) es de 0

### **2.1.7. Mejora del sistema de seguridad bancaria usando reconocimiento facial, escáner de iris y tecnología Palm Vein**

- La tecnología de reconocimiento de la vena de la palma (PVR) garantiza un alto nivel de seguridad debido a la precisión de la confiable técnica, Zhang-Suen thinning technique, que es considerada como la más segura en cuestiones de seguridad.
- El algoritmo “Hamming Distance” de Daugman ofrece un reconocimiento eficiente, mediante la transformada de fourier, de la biometría facial, incluye iris.

### **2.1.8. Iris como sistema biométrico para seguridad**

- El sistema propuesto garantiza un nivel de seguridad alto mediante el reconocimiento libre de errores para el ingreso de personal en áreas restringidas, a través del reconocimiento biométrico de iris.
- Para garantizar el correcto reconocimiento biométrico de iris utilizaron la hoja modelo de Daugman’s rubber, Hamming distance y hardware como RS 232(comunicador en serie), microcontrolador, fuente de poder, laptop y una pantalla LCD.

### **2.1.9. Deep Learning Approach for Multimodal Biometric Recognition System Based on Fusion of Iris, Face, and Finger Vein Traits**

- El sistema propuesto utiliza un modelo biométrico multimodal para la identificación de usuario, y logra una precisión de 99,39% según se demostró en los experimentos realizados.
- Mediante el uso de la biometría multimodal, es decir, de tres CNNs, reconocimiento de iris, facial y vena de los dedos, se logró el porcentaje mencionado en el punto anterior; mientras que el uso de la biometría unimodal de iris logró una precisión de 98.58%.

### **2.1.10. Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card**

- El sistema que proponen es seguro y la autenticación biométrica criptosistema cancelable basado en el iris proporciona autenticación y cifrado seguro datos de médicos del usuario.
- Los resultados del experimento demostraron que se obtuvo una llave (key) de 256 bits con una FAR (Tasa de Aceptación Falsa) de 0%, FRR (Tasa de Falso Rechazo) de 7%.
- El análisis de seguridad indicó que un atacante es incapaz de obtener la llave, mediante ataque de coincidencia cruzada, desde la data almacenada en la tarjeta médica inteligente porque el biométrico cancelable está integrado a un criptosistema biométrico.

### **2.1.11. Enhanced Biometric Recognition for Secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography**

- Proponen dos enfoques novedosos como el 2D Gabor kernel para extracción de características y el enfoque HECC para encriptar la plantilla original de iris a plantillas cifradas. Esto con el fin de evitar que un atacante comprometa la base de datos de plantillas.
- Los resultados que se obtuvieron fueron de una TAR (Tasa de Aceptación Verdadera) de 100%, ERR (Tasa de Error Igual) de 2.5% y una precisión mejorada de 99.74% con un tiempo de reconocimiento de 3 segundos. Debido a su alta precisión y seguridad, el estudio será destinado a aplicaciones militares.

### **2.1.12. Multimodal Biometrics Authentication System Fingerprint and Iris**

- Para el propósito de la clasificación, el support vector machine (SVM) se utiliza como clasificador principal mientras que la distancia de Hamming es utilizado como clasificador secundario; de su combinación, se logra una precisión del 99,88% en CASIA (base de datos de imágenes de iris).

### 2.1.13. Advanced IRIS Recognition System: A Review

- Se escoge el uso de la Retina para el trabajo de reconocimiento debido a que está bien protegido por la córnea, tiene una estructura casi plana y su dilatación y constricción tienen lugar en virtud de dos músculos, dilatador pupillae y pupillae constrictor, respectivamente, los cuales controlan el diámetro de las pupilas.
- Se hace énfasis en el reconocimiento de iris para la autenticación en cajeros automáticos, antiterrorismo, controles fronterizos nacionales, inicio de sesión informático.
- Como técnica de coincidencia, todos los pasos de procesamiento de imágenes son incorporados en el momento de la inscripción de las plantillas de iris codificadas en la base de datos que son del sistema. Una vez que se extrae el patrón de bits cifrado que corresponden a la imagen binaria formada, se compara con todos patrones de bits encriptados y almacenados mediante el XOR booleano y la medida de disimilitud entre dos bits de iris. Los patrones se calculan mediante el uso de HD (distancia de Hamming) representado en:

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j(XOR)Y_j$$

donde  $N$  denota el número total de bits para cada patrón de iris.

### 2.2. Síntesis de datos

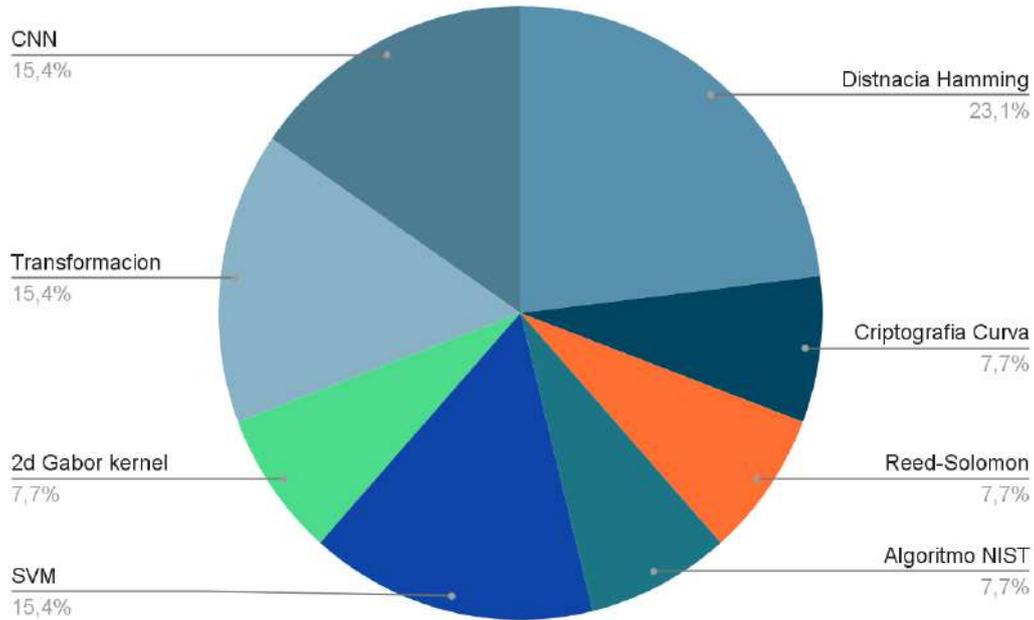
En la tabla 3 se describe en forma resumida el proceso de selección de estudios correspondientes a su respectiva etapa.

**Tabla 3.** Resultados de selección de estudios primarios

| Base de Datos | Encontrados | Coincidencias | Seleccionados |
|---------------|-------------|---------------|---------------|
| IEEE          | 564         | 192           | 6             |
| DIALNET       | 316         | 22            | 2             |
| SCIELO        | 17          | 5             | 2             |
| ALICIA        | 15          | 3             | 3             |
| TOTAL         | 912         | 223           | 13            |

*Elaboración propia*

Luego de extraer la información de cada estudio seleccionado se puede observar en la figura 4 que, a partir del problema abordado, una gran cantidad de documentos mencionan las ventajas de los sistemas biométricos basados en lectura de Iris. Del mismo modo, se puede encontrar el uso de técnicas como algoritmos para mejorar el uso de estos sistemas.



**Figura 4.** Resultados de selección de estudios primarios

*Elaboración propia*

### III. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

#### 4.1. Discusión

- Los trabajos [3] y [2] coinciden en usar la base de datos de patrones de Iris correspondiente a CASIA para las pruebas en sus investigaciones.
- Uno de los pasos importantes para lograr el reconocimiento por iris es la segmentación como en [4] utiliza el popular método “Girl’s eye”, que es una clara referencia al método desarrollado por Richard P. Wildes, en comparación con [3] que utiliza la transformada circular de Hough, que pasa de 59% (algoritmo de segmentación tradicional introducida por Masek) a 73% en éxito de precisión. Por otro lado, en el proyecto [5], se utiliza la transformación circular de Hough y se obtuvo la FMR (Tasa de Coincidencia Falsa) de 0%.
- Se hizo uso de la biometría multimodal para reforzar el reconocimiento del iris, como es el caso del proyecto [6], que señala un aumento en el proceso en términos de multiplicaciones y tiempo de evaluación (573 ms, SEMBA 30ms, experimento, y 120ms, online) y mejora la precisión. También en el artículo [7] se utiliza un modelo biométrico multimodal para la identificación de usuarios y se logró una precisión de 99,39% según se demostró en los experimentos realizados.
- El algoritmo “distancia de Hamming” de Daugman es muy común cuando hablamos de biometría de iris por la precisión que ofrece y por ser el más conocido tal y como demuestran los estudios [8], [9], [4], [6] y [7]. Sin embargo, no es el único camino para lograr un alto nivel de precisión. Esto queda demostrado en [10] con el algoritmo de extrema precisión probado por las NIST, Firdous Kasar y el algoritmo de REED-SOLOMON y Vani Rajasekar et al. con su criptografía de curva hiperelíptica.

## 4.2. Conclusiones

Se logró identificar el objetivo teniendo como técnicas y beneficios a:

- El algoritmo está respaldado por NIST y certificado por STQC, que ofrece extrema precisión e incrementa la seguridad a un nivel alto.
- El protocolo de autenticación SEMBA, basado en SPDZ, reduce los tiempos de proceso a 120 ms en pruebas de campo reales(online) y además es seguro contra terceros maliciosos y brinda un nivel de seguridad alto.
- La transformación circular de High en la segmentación de iris da como resultado FMR=0%, FPIR=0 Y FNIR=0 y en consecuencia la eliminación de suplantación de identidad y falsificación.
- La hoja modelo de Daugman's rubber, hamming distance para un correcto reconocimiento biométrico libre de errores garantiza un nivel de seguridad alto para el ingreso en áreas restringidas.
- El sistema unimodal biométrico de iris logra una precisión en la autenticación de 95.58. Sin embargo, para circunstancias mucho más exigentes, un modelo biométrico multimodal, es decir biometría de iris, facial y venas de los dedos mediante el uso de CNNs, logra una identificación con precisión de 99.39%.
- La autenticación biométrica de criptosistema mediante el algoritmo de REED-SOLOMON (FAR=0% y FRR=7%) brinda seguridad a los datos médicos del usuario además de proporcionar un escudo contra terceros atacantes.
- El uso de preprocesamiento de iris y criptografía curva hiperelíptica ofrece seguridad a los datos del usuario mediante la encriptación de las plantillas con unos resultados de TAR=100%, ERR=2.5% y una precisión de 99.74% con un tiempo de reconocimiento de 3 segundos.
- El uso del algoritmo de Hamming junto con el SVM garantizan un nivel alto de seguridad y brindan una precisión del 99.88%

También se admite que se logró cumplir con los estándares propuestos en el protocolo de Kitchenham como planificación de la revisión, ejecución de la revisión y publicación de resultados, lo cual nos ha generado calidad, consistencia, y transparencia y servido de mucha ayuda en el proceso de la revisión sistemática.

Sin embargo, en esta revisión, se ha mostrado y examinado el presente, de igual forma las tendencias en los avances tecnológicos en el reconocimiento del iris humano, que en la actualidad se van consolidando y participando en los campos de investigación. Además, se evidencia la necesidad de hacer importantes esfuerzos referentes a la indagación e implementación de sistemas para avanzar en el reconocimiento del iris más eficiente.

Por último, se debería tomar en cuenta los aspectos de privacidad y revisar los derechos de protección de datos de las personas para que útil herramienta no perjudique a los usuarios que la utilizan.

## REFERENCIAS

- [1] IBM, «IBM MQ,» 20 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/-docs/es/ibm-mq/7.5?topic=ssfsj-7-5-0-com-ibm-mq-sec-doc-q009740htm>. [Último acceso: 29 11 2022].
- [2] M. Nivrucci, P. D y P. S, «Multimodal Biometrics Authentication System using Fusion of Fingerprint and Iris,» International Journal of Trend in Scientific Research and Development, Volume-2(Issue-6), pp.1282-1286, 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd18861>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [3] J. F. Valencia-Murillo, D. A. Poveda-Sendales y D. F. Valencia-Vargas, « Evaluación del impacto del preprocesamiento de imágenes en la segmentación del iris,» TecnoLógicas, ISSN 0123-7799, ISSN-e 2256-5337, Vol. 17, No. 33, 2014 (Ejemplar Dedicado a: Julio-Diciembre), Págs. 31-41, 17(33), 31-4, 2019. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5062924&-info=resumen&idioma=SPA>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].

- [4] A. Al-zanganawi y S. Kurnaz , « Human Biometrics Detection And Recognition System Using SVM And Genetic Algorithm Iris As An Example,» 4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2020. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/-ISMSIT50672.2020.9255095>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [5] K. Okokpujie, E. Noma-Osaghae, O. Okesola, S. John y O. Robert, « Design and Implementation of a Student Attendance System Using Iris Biometric Recognition,» International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.96> . [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [6] M. Barni, G. Droandi, . R. Lazzeretti y T. Pignata, «SEMBA: secure multi-biometric authentication.,» IET Biometrics, 8(6), pp.411-421, 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1049/iet-bmt.2018.5138>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [7] P. Silva, E. Luz, L. Zanlorensi, D. Menotti y G. Moreira, «Multimodal Feature Level Fusion based on Particle Swarm Optimization with Deep Transfer Learning,» IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC), 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/CEC.2018.8477817>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [8] R. Gusain, H. Jain y S. Pratap, «Enhancing bank security system using Face Recognition, Iris Scanner and Palm Vein Technology,» 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), 2018., 2018. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/IoTSIU.2018.-8519850>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [9] B. Bhaganagare y A. Harale, « Iris as biometrics for security system,» Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT), 2017. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/-ICECCT.2017.8117952>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [10] I. Banerje, S. Mookherjee, S. Saha, S. Ganguli, S. Kundu y D. Chakravarti, «Advanced ATM System Using Iris Scanner,» International Conference on Opto-Electronics and Applied Optics (Optronix), 2019. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1109/OPTRONIX.2019.8862388>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [11] J. A. Marín Moya, «Propuesta de mejora de un sistema biométrico multiusuario para cajeros automáticos en instituciones bancarias en la ciudad de Lima -2017,» 2017. [En línea]. Available: [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.50-0.12867/862/Jonathan%20Marin\\_Tesis\\_Trabajo%20Profesional\\_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.50-0.12867/862/Jonathan%20Marin_Tesis_Trabajo%20Profesional_2017.pdf?sequence=6&isAllowed=y). [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [12] F. Kausar, « Iris based cancelable biometric cryptosystem for secure healthcare smart card,» Egyptian Informatics Journal, 22(4), pp.447-453, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.eij.2021.01.004>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [13] V. Rajasekar, J. Premalatha y K. Sathya, «Enhanced Biometric Recognition for Secure Authentication Using Iris Preprocessing and Hyperelliptic Curve Cryptography,» Wireless Communications and Mobile Computing, 2020, pp.1-15, 2020, 2021. [En línea]. Available: <https://doi.org/10.1155/2020/8841021>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].
- [14] S. Vatsal y S. Mr. Shankar Dwivedi, «Advanced IRIS Recognition System: A Review.,» International Journal of Modern Communication Technologies & Research (IJMCTR), 6(5),, 2018. [En línea]. Available: <https://www.neliti.com/publications/265090/advanced-iris-recognition-system-a-review>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].

- [15] M. S. García Vásquez y A. Á. Ramírez- Acosta, «Avances en el reconocimiento del iris: perspectivas y oportunidades en la investigación de algoritmos biométricos,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/cys/v16-n3/v16n3a2.pdf>. [Último acceso: 30 Diciembre 2021].



# Efectos de la implementación de un SGSI basado en la norma ISO 27001 para las organizaciones

## *Effects of the implementation of an ISMS based on the ISO 27001 standard for organizations*

Jamil Alberto Panaqué Domínguez<sup>1</sup>  
Yerson Gabriel Lizárraga Caipo<sup>2</sup>  
Alberto Mendoza de los Santos<sup>3</sup>

RECIBIDO: 10 de mayo del 2022  
ACEPTADO: 12 de agosto del 2022

### RESUMEN

La protección de los datos es una figura sobresaliente en la realidad, en el dominio de las redes y comunicaciones, por lo que es significativo detallar con resultados integrales que permitan ejecutar de manera eficiente las advertencias informáticas que tratan de complicar los recursos en los servicios o aprovecharse con información privada.

La vigente investigación tiene como finalidad desarrollar una exploración sistemática basada en los efectos de la aplicación de la norma ISO 27001 en las diferentes organizaciones, públicas y privadas, empresas y microempresas, pymes y mypes, las cuales están comprendidas entre el 2016 y el 2021.

Los repositorios de acceso abierto empleadas fueron Alicia, Dialnet Plus, Redalyc y Scielo.

Asimismo, los escritos se ordenaron por tiempo de difusión, lengua, lugar de la publicación y se concluyó que la aplicación de un procedimiento de seguridad de los datos contribuye verdaderamente en los siguientes aspectos: disponibilidad, confidencialidad e integridad; determinar los riesgos, vulnerabilidades y amenazas en los procesos; comprensión de las destrezas en la seguridad de los datos, e incremento de la confianza y progreso de la imagen corporativa.

**Palabras clave:** ISO 27001, seguridad de la información, empresas, tecnología, SGSI

### ABSTRACT

Data protection is an outstanding figure in reality, in the domain of networks and communications, which is why it is significant to detail with comprehensive results that allow the efficient execution of computer warnings that try to complicate the resources in the services or take advantage of private information.

The current research aims to develop a systematic exploration based on effects of the application of the ISO 27001 standard in different organizations, public and private, companies and micro-enterprises, SMEs and mypes, which are between 2016 and 2021. The open access repositories used were ALICIA, DIALNETPLUS, REDALYC, SCIELO. Likewise, the writings were ordered by time of diffusion, language, place of publication and it was concluded that the application of a data security procedure truly contributes to the following aspects: availability, confidentiality and integrity; Determine the risks, vulnerabilities and threats in the processes; understanding of the skills in data security increasing the confidence and progress of the corporate image.

**Keywords:** ISO 27001, information security, companies, technology, ISMS, implementation

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Estudiante de Ingeniería de Sistemas, <[jpanaque@unitru.edu.pe](mailto:jpanaque@unitru.edu.pe)>, ORCID: 0000-0003-4453-3610

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Estudiante de Ingeniería de Sistemas, <[ylizarraga@unitru.edu.pe](mailto:ylizarraga@unitru.edu.pe)>, ORCID: 0000-0003-3104-6864

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Senior Lead Implementer, <[amendndozad@unitru.edu.pe](mailto:amendndozad@unitru.edu.pe)>, ORCID: 0000-0002-0469-915X

## 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas han sufrido modificaciones sustanciales al entrar en la época de la información, los diversos trabajos elaborados por las mismas producen perennemente agrupaciones de información acumuladas digitalmente. Ninguna empresa se ha mantenido indiferente a estos avances, en especial los de la ciencia de los datos. Por lo tanto, algún deterioro de los datos puede ser catastrófico; ella igual que no relacionar los datos de modo apropiado.

El Sistema de Gestión de Seguridad de la Información, o también llamado según sus iniciales SGSI, conforme ISO 27001, consiste en conservar la privacidad, completitud y existencia de los datos, tanto en los métodos comprendidos en la disposición ISO (Internacional Organization for Standardization) como en IEC (International Electrotechnical Commission). Ambos conforman el sistema técnico para la estandarización universal. Las entidades públicas socios de ISO e IEC colaboran en el progreso de las normas universales por medio de comisiones especialistas instauradas por la institución correspondiente para observar áreas específicas de la ocupación tecnológica. Las comisiones expertas de ISO e IEC cooperan con diferentes áreas de manera recíproca. Esta normativa se desarrolló para la instauración, aplicación, ejecución, vigilancia, verificación, conservación y mejoramiento de un SGSI en cualquier modelo de institución en soporte a las exigencias, finalidades, condiciones de protección, los procedimientos, los funcionarios, el volumen, los sistemas de apoyo y la estructura de las organizaciones. Esta normativa ha estado organizada procedimentalmente para acomodarse al prototipo "Planificar, Hacer, Verificar, Actuar" (Plan Do Check Act), el cual se utiliza para disponer en absoluto los procedimientos del SGSI. Esto se debe a que la normativa ISO 27001 labora sobre una perspectiva a procesos, una práctica minuciosa y precisa de la misma, necesita de un compendio de técnicas, completa y necesariamente instaurados, declarados, instruidos y corroborados. El adecuado boceto, establecimiento e intervención de un SGSI permite a la organización ejecutar más eficientemente sus tareas. [1]

La protección de los datos es un tema corporativo y, por eso, la expectativa adecuada para alcanzar un desempeño agradable consiste en usar esta tarea desde un planteamiento sistemático. este es utilizado por todas las organizaciones, no exclusivamente en un sentido de los procedimientos de los datos. Es elemental que el directivo de protección de los datos integre vastos conocimientos en un sistema de protección segura, así como los fundamentos y actividades imprescindibles con el fin de perfeccionar una táctica de protección de los datos, y un programa de acción para su puesta en marcha. A fin de certificar la salvaguarda de la información en las empresas, el SGSI es una de las habilidades que lograrían ejecutar. [2]

La garantía de los datos incluye un método práctico de dirección y protección de los datos, el cual debe mostrarse únicamente desde la perspectiva de su puesta en marcha, porque el SGSI es una fracción de la seguridad colectiva en las empresas. Bajo este entorno, el empleo de mejores ejercicios y ejemplares, como ISO, COBIT, ITIL, CMMI, PMBOK, OSSTMM, entre otros, ofrecen las directrices precisas para instaurar el entendimiento de la puesta en funcionamiento. Los inconvenientes de seguridad de los datos deben solucionarse a profundidad. Por lo tanto, la investigación de estos inconvenientes no debe ser fragmentada y restringida. [3]

La presente investigación tiene como finalidad primordial dar a entender los diferentes efectos que tiene para una organización la implementación de un método de protección de los datos bajo la normativa ISO 27001, para lo cual se ha elaborado una revisión sistemática de la literatura científica producida entre los años 2015 y 2021. A partir de lo expuesto, la pregunta de investigación es la siguiente: ¿cómo afecta la implementación de la seguridad de la información basado en las normas ISO/IEC 27001 en las organizaciones?

## 2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una revisión sistemática apoyada en la acomodación y uso del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [4].

### *Fundamentación de la Metodología*

La utilización de la metodología PRISMA [4] tiene la capacidad de favorecer a cuantiosas agrupaciones de interés. Las difusiones enteras de exploraciones sistemáticas posibilitan a los leyentes

valorar la capacidad de los procedimientos y, por lo tanto, la confiabilidad de los descubrimientos. La muestra y síntesis de las particularidades de las investigaciones que ayudan a una simplificación autorizan a plantear consejos adecuados para la praxis o las políticas. La manifestación íntegra de todas las cláusulas de la exposición PRISMA 2020, además, permite la argumentación y reajuste de las exploraciones sistemáticas, y la incorporación de estas en revistas panorámicas, revistas de exploraciones metódicas (overviews) y en compendios de prácticas para que los investigadores puedan utilizar el esfuerzo realizado y obviar sacrificios insignificantes en sus averiguaciones.

### ***Principios de Inclusión y de exclusión***

- ***Principio de Inclusión***

- ✓ Escritos divulgados entre los años 2016 y 2021
- ✓ Escritos cuyos encabezados tengan las palabras clave "Seguridad de la Información", "Security of the information", "empresa", "company", "SGSI", "ISO/IEC 27001", y "Sistema de seguridad de la información"

- ***Principio de Exclusión***

- ✓ Investigaciones en diapositivas y ejemplares
- ✓ Lecturas grises que concuerdan con escritos no divulgados

De los escritos reiterados en varios archivos digitalizados, solo se eligió varios de ellos.

### ***Proceso de Recolección de la información***

El proceso de búsqueda y recolección de datos con ciertas palabras clave partió de la pregunta de investigación: "ISO/IEC 27001 (Information technology - Security techniques - Information security management systems - Requirements)", "Seguridad de Información", "Security of the information", "empresa", "company", "implementación", "implementation", "SGSI". Se determinó de modo más transparente la búsqueda de la lecturas científicas, y se crearon varias mezclas de las palabras clave anteriormente mencionadas: [(“ISO/IEC 27001” e “implementación”) y (“empresa”) e (“implementation”) y (“company”) y (“Security of the information”) y (“Seguridad de la Información”) y (“SGSI”)]. Luego se definieron los soportes de datos en los que se hicieron las investigaciones en Alicia, Dialnet Plus, Redalyc y Scielo.

Los escritos y revistas científicas elegidos fueron llevados a un Excel, en el cual se examinó conforme a los siguientes principios de inclusión y exclusión. Se introdujeron escritos divulgados en motores de búsqueda científica y en almacenes académicos digitalizados, entre los años 2016 a 2021, que detallaron una perspectiva de impacto de los métodos de dirección de protección de los datos utilizando la normativa ISO 27001 en diferentes organizaciones. Así, esta designación parte de la siguiente manera según los impactos que ha tenido por el prestigio de la utilización de la normativa mencionada en la protección de los datos y en las extensiones de privacidad, completitud y recursos disponibles.

## **3. RESULTADOS**

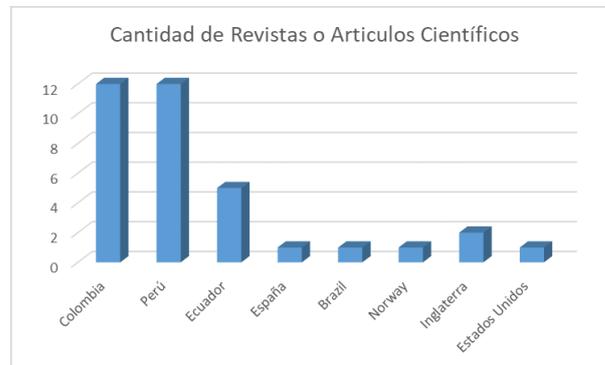
La investigación siguió los siguientes puntos. Se identificó 33 artículos de acuerdo con el título de la investigación de las diferentes bases de datos de artículos de investigación (Alicia, Dialnet Plus, Redalyc y Scielo), de los cuales, después de haberlos filtrado por los criterios de exclusión, se escogieron finalmente para la presente investigación 20 artículos para ser analizados a detalle. Cabe mencionar que la herramienta usada para la mayoría de las acciones de filtrado de los documentos fue la hoja de cálculo de Google.

La ubicación geográfica de los países a los que pertenecen las universidades o instituciones identificadas en el estudio evidencia que los artículos que tratan sobre de seguridad de la información en relación con la norma ISO 27001 son de interés global. No obstante, Colombia y Perú cuentan con el mayor número de instituciones referidas en los artículos, seguidas de Ecuador, mientras que en los demás países del primer mundo es inferior según se muestra en la figura 1.

De los 20 artículos seleccionados se resaltó el efecto de ejecución de un SGSI bajo la ISO 27001 en diversas organizaciones, ya sean locales como internacionales en siete fuentes. En la tabla 1, se muestran los 7 artículos

## INDUSTRIAL

aplicativos identificados, que detallan el título, autor, años de publicación y el efecto que obtuvo la aplicación de un SGSI que sigue las directrices de la norma ISO 27001.



**Figura 1.** Publicaciones diferenciadas por países

| N° | Título  | Autor                    | Año  | Efecto  |
|----|---|--------------------------|------|---|
| 1  | Implementación de NTP ISO/IEC 27001 para la seguridad de información en el área de configuración y activos del ministerio de educación – sede CENTROMIN | Hugo Daniel Olaza Aliano | 2017 | -Mejóro la continuidad del negocio al gestionar de manera eficiente los riesgos |

|   |  |  |      |  |
|---|--|--|------|--|
| 2 | Seguridad de la información aplicando el ISO 27001:2013 para la oficina de registros y archivos académicos de la universidad nacional del callao 2017  | Irving José Valverde Reyes   | 2018 | -Redució los riesgos significativamente con respecto al manejo de la información generada por el área de recursos  |
| 3 | Mejora de los procesos de tecnologías de la información aplicando COBIT 5.0 y la norma técnica peruana NTP-ISO 27001: 2014. Caso: autoridad autónoma de majes                                    | Javier Fernando Angulo Osorio  | 2018 | -Aumentó de la eficiencia de los servicios informáticos de la organización<br>-Aumentó del grado de preservación de la Información de la organización<br>-Mejoró soporte es las tareas habituales de la información<br>-Aumentó los conocimientos de los procesos por parte de los colaboradores de la entidad<br>-Aumentó la comprensión de las políticas de seguridad de la organización |
| 4 | Plan de mejora de la seguridad de la información del seguro social de salud – ESSALUD aplicando estándar ISO/IEC 27001   | Luis Alejandro Poma Rosales  | 2019 | -Redució el índice de accesos no autorizados, disminuyendo el riesgo de filtraciones de los datos de la organización<br>-Aumentó el tiempo de disposición de los datos de la organización<br>-Aumentó el índice de operatividad del servicio<br>-Aumentó el índice de información correcta en los Backups  |
| 5 | Sistema de gestión de seguridad de información (sgsi) basado en la norma iso/iec27001 para mejorar la seguridad del área de operaciones y tecnología de global bpo center allus chicalayo - 2015 | Rojas Viera Cinthia Katherine, Zavaleta Verona Tefhany Lisseth.  | 2019 | -Redució los niveles de riegos de los activos de la organización<br>-Diferencia de la competencia a nivel local y nacional<br>-Redució el riesgo de pérdida o robo de la información<br>-Minimizó las discontinuidades en las actividades de la empresa  |
| 6 | Aplicación de iso 27001 y su influencia en la seguridad de la información de una empresa privada peruana   | Liset Sulay Rodriguez Baca<br>Carlos Francisco Cruzado Puente De La Vega<br>Carolina Mejía Corredor<br>Mitchell Alberto Alarcón Diaz | 2020 | -Redució el riesgo del esparcimiento no aprobado de la información empresarial<br>-Redució las el número de modificaciones no permitidas de la información empresarial   |
| 7 | Sistema de gestión de seguridad de la información para mejorar el proceso de gestión del riesgo de COOPSOL consultoría, 2019   | Carlos Alberto Huerta Agurto   | 2020 | -Se logró aumentar la cantidad de controles empleados en el transcurso de la gestión de los riesgos.<br>-Se redujo la cantidad de peligro en el proceso de gestión de COOPSOL Consultoría.   |

**Tabla 1.** Impactos identificados en las publicaciones consultadas

En el análisis de estos siete artículos se muestra cómo los sistemas de seguridad de la información han aumentado la confidencialidad, disponibilidad e integridad de los datos de las respectivas organizaciones en las cuales se desarrolló el estudio. por ejemplo, en el Hospital Víctor Lazarte Echegaray de la Red Asistencial La Libertad–EsSalud, al incorporar este sistema, aumentó la confidencialidad en un 17.59%, disponibilidad en un 30.51% y la integridad en un 14.66% [5]. Según Valverde, se determinan los peligros, amenazas y vulnerabilidades en los procesos al utilizar un sistema de seguridad de la información bajo la norma ISO 27001

## INDUSTRIAL

[6]. Por otro lado, se reconoció que la utilización de un SGSI bajo ISO 27001 fue beneficioso para la organización, ya que aumentó la seguridad en los sistemas de información, lo cual ayudó en la mejora constante en cada escalón de la auditoría interna, lo que a su vez incrementó la confianza y mejoró la imagen corporativa [7].

### 4. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

#### *Discusiones*

En el siguiente apartado se muestran los diferentes impactos que obtuvieron las organizaciones al emplear un SGSI siguiendo las directrices de la norma ISO 27001.

Olaza afirma que el empleo de la ISO 27001 aumentó la seguridad de los datos en el área de Configuración y Activos del Ministerio de Educación, Sede Centromin, con una confidencialidad del 95%, lo cual aumentó el grado de seguridad de dicha organización, además de reducir el promedio de información divulgada en un 72.5%, al igual que el promedio de accesos no autorizados en un 85.4% y, por último, incrementó el porcentaje de aptitud del sistema para ser utilizado por el usuario en un 39.7% , lo cual tuvo un impacto positivo en la continuidad de los procesos de la organización [8]. Valverde también manifiesta resultados similares. En su investigación, expresa que la confidencialidad de la información de la Oficina de Registros y Archivos Académicos aumentó de 67% a 97%, asimismo la disponibilidad pasó de un 28% a un 95% y, por último, la integridad, que es el impacto con mayor diferencia, se incrementó de un 17% a un 95% [6]. Poma también llega a la misma conclusión, de que la implementación de un SGSI bajo ISO 27001 aumenta de la seguridad de la información (Disponibilidad ↑30.51%, Confidencialidad ↑17.59% e Integridad ↑14.66%). [5]

Por otro lado, Angulo explica que se mejoraron los procesos de tecnologías de la información. Además, a diferencia de los dos autores mencionados con anterioridad, señala dos efectos importantes que son el mayor conocimiento de los procesos por parte de los miembros de la organización y el mayor conocimiento de los estándares de seguridad que la organización maneja internamente, lo que refuerza la eficiencia de los servicios informáticos de la organización [9].

Pedraza afirma que la utilización de los sistemas de gestión de la protección de los datos establece los peligros al interior de una compañía, y genera un efecto en cascada, ya que influye notoriamente en apartados como la disponibilidad, la confidencialidad e integridad de los datos de las compañías, ya que redujo el riesgo de la divulgación no autorizada de la información empresarial y de modificaciones no permitidas de la información empresarial. Esto, sea a su vez, impacta en el crecimiento y sostenibilidad de la empresa [7]. En ese sentido, coincide con Huerta, que concluye que el sistema de gestión de la protección de la información afecta positivamente pues disminuye los peligros en el transcurso de la gestión del riesgo de Coopsol Consultoría [10].

Por último, Macedo y Castillo plantean otro impacto positivo en las organizaciones muy diferente a las expuestas en las demás lecturas, ya que considera que la implementación del SGSI actúa en favor de la entidad. Esto se debe a que produce una mejora en la seguridad en los sistemas de información y ayuda a obtener una mejora constante en cada escalón de la auditoría interna, lo cual aumenta la credulidad y mejora de imagen corporativo. Sin embargo, cabe recalcar que este trabajo no es un trabajo aplicativo, así que, los efectos no pueden ser contrastados en su totalidad [11]. Al respecto, Rojas y Zavaleta (2019) publicaron un trabajo aplicativo en el cual afirman que la aplicación de un SGSI normado por la ISO 27001 influye positivamente en la diferenciación de la competencia a nivel local y nacional con respecto a la ornamentación [12].

#### *Conclusiones*

En la presente revisión sistemática sobre las características de la administración de seguridad de la información bajo las directrices de la ISO/IEC 27001 en las organizaciones, se logró identificar los efectos de todos los activos de información, riesgos de seguridad y establecer los controles para gestionar las amenazas, que generan, a su vez, un aumento en la seguridad que sienten los clientes, proveedores o interesados en sus servicios.

Por eso, concluimos que los efectos de la implementación de SGSI que siguen las directrices de la ISO 27001 trae consigo los siguientes afectos a las empresas:

- Mejora la continuidad del negocio
- Reduce los riesgos significativamente con respecto a la gestión de la información como modificaciones no autorizadas de la información empresarial, divulgación no autorizada de la información empresarial, accesos no autorizados, pérdida o robo de datos empresariales
- Reducción de los valores de riesgos de los activos de la organización
- Aumento de la eficiencia de los servicios informáticos de la organización
- Mejoramiento del soporte es las tareas habituales de la información
- Aumento del tiempo de disposición de la información
- Diferenciación de la competencia a nivel local y nacional

Finalmente, la revisión sistemática reveló la realidad sobre la gestión de la protección de los datos en las organizaciones, dado que las redes corporativas pueden sufrir ataques desde cualquier computador ubicado en cualquier lugar remoto con acceso a internet. Además, señala el impacto que tiene la utilización de un SGSI regido por la ISO 27001 como el aumento de la confidencialidad, disponibilidad e integridad de los datos de la organización, así como la mejora de la imagen de la misma.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] A. R. Mantilla Guerra, «Gestión de seguridad de la información con la norma ISO 27001:2013,» *ESPACIOS*, vol. 39, n° 18, p. 5, 2018.
- [2] H. Laksono y Y. Supriyadi, «Design and implementation information security governance using Analytic Network Process and cobit 5 for Information Security a case study of unit XYZ,» de *2015 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2015.
- [3] A. Budi Setiawan, A. Syamsudin y A. Sasongko Sastrosubroto, «Information security governance on national cyber physical systems,» de *2016 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2016.
- [4] J. Yepez Nuñez, G. Urrútia, M. Romero García y S. Alonso Fernández, «Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas,» *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, pp. 790-799, 2021.
- [5] L. A. Poma Rosales, «Plan de mejora de la seguridad de la información del Seguro Social de Salud – EsSalud aplicando estándar ISO/IEC 27001,» Trujillo, 2019.
- [6] I. Valverde Reyes, «Seguridad de la información aplicando el ISO 27001:2013 para la oficina de registros y archivos académicos de la Universidad Nacional Del Callao 2017,» Callao, 2017.
- [7] G. Pedraza Rodríguez, «Plan de implementación de un sistema de gestión de seguridad de la información en una entidad del sector público basado en la NTC ISO 27001:2013,» Bogotá, 2017.
- [8] H. Olaza Aliano, «Implementación de NTP ISO/IEC 27001 para la Seguridad de Información en el Área de Configuración y Activos del Ministerio de Educación – Sede Centromin,» Lima, 2017.
- [9] J. Angulo Osorio, «Mejora de los Procesos de Tecnologías de la Información Aplicando Cobit 5.0 y la Norma Técnica Peruana Ntp-Iso 27001: 2014. Caso: Autoridad Autónoma de Majes,» Arequipa, 2018.
- [10] C. Huerta Agurto, «Sistema de gestión de seguridad de la información para mejorar el proceso de gestión del riesgo de Coopsol Consultoría, 2019,» Lima, 2020.
- [11] E. Javier Macedo y H. Luna Castillo, «Propuesta de guía metodológica basada en ISO/IEC 27001:2013 y NTP ISO/IEC 27001:2014 en la seguridad de la información en la Municipalidad Provincial de Recuay - 2015,» Huaraz, 2019.

- [12] C. Rojas Viera y T. Zavaleta Verona, «Sistema de Gestión de Seguridad de Información (SGSI) Basado en la Norma ISO/IEC27001 para mejorar la Seguridad del Área de Operaciones y Tecnología de Global BPO Center Allus Chiclayo - 2015,» Chiclayo, 2015.



# Modelamiento matemático de flujos utilizando trazadores en plantas de tratamiento de aguas

## *Mathematical modeling of flows by means of tracers in water treatment plants*

Carlos Sebastián Calvo<sup>1</sup>, O. Lobato<sup>2</sup>

RECIBIDO: 14 de junio del 2022  
ACEPTADO: 12 de agosto del 2022

### RESUMEN

Se han realizado experimentos con trazadores en una batería industrial de una planta de tratamiento de agua. El comportamiento del flujo es complejo porque incluye la superposición de un flujo estocástico, que es intrínseco al proceso mismo, y de un flujo no estocástico inducido por fuertes corrientes locales en la superficie. Estas corrientes no son estocásticas porque son diferentes de una instalación a otra, aunque todas sean idénticas. Se ha propuesto un modelo general para simular todo el comportamiento del proceso. El modelo se compone de dos partes: la primera, describe el comportamiento del flujo estocástico, y es el mismo para cada unidad; el segundo está adaptado para representar los atajos turbulentos en la superficie de algunas unidades. Se ha determinado que los parámetros de la parte estocástica son consistentes con la descripción física del proceso. El valor del número de Peclet del atajo es una función monótona del caudal. A pesar de las incertidumbres restantes debido tanto a la complejidad del flujo como a los problemas específicos de las mediciones de trazadores en grandes plantas de tratamiento de aguas industriales, este artículo propone una extensión de las aplicaciones de los experimentos e interpretación de trazadores.

**Palabras clave:** Trazador; flujo no estocástico; RTD; tanque de asentamiento; Planta de tratamiento de agua; sal.

### 1. INTRODUCCIÓN

Para analizar el funcionamiento hidráulico de las unidades de tratamiento de las plantas potabilizadoras, se emplean técnicas que permiten conocer el tiempo de residencia de cada elemento del fluido dentro de la unidad. Una de estas es el método estímulo–respuesta.

Si se considera una unidad de volumen  $V$  alimentada por un gasto  $Q$ , existe un tiempo de retención o residencia hidráulico:

### ABSTRACT

Radiotracer experiments have been conducted in an industrial battery of water treatment plant. The flow behavior is complex because it includes the superposition of a stochastic flow, which is intrinsic to the process itself, and of a non-stochastic flow induced by local strong currents at the surface. These currents are non-stochastic because they are different from one installation to another one even if all of them are identical. A general model has been proposed to simulate the whole behavior of the process. The model is composed of two parts: the first one, describes the stochastic flow behavior, and is the same for each unit; the second one is adapted to represent the turbulent shortcuts at the surface of some units. The parameters of stochastic part have been determined to be consistent with the physical description of the process. The value of the Peclet number of the shortcut is a monotonic function of the flow rate. Despite remaining uncertainties due both to the complexity of the flow and to specific problems of tracer measurements in large industrial water treatment plant, this paper proposes an extension of the applications of tracer experiments and interpretation.

**Keywords:** Tracer; Non-stochastic flow; RTD; settling tank; Water treatment plant; salt.

<sup>1</sup> Docente de la Universidad Ricardo Palma. <[carlos.sebastian@urp.edu.pe](mailto:carlos.sebastian@urp.edu.pe)>

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Ingeniería

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad (1)$$

y un tiempo medio de residencia real  $\mu$  que se calcula como:

(2)

Este puede variar de un elemento del fluido a otro.  $C(t)$  es la respuesta del sistema al estímulo aplicado.

## 2. TEORÍA DE LOS TIEMPOS DE RESIDENCIA

Se denomina  $E(t)$ , a la distribución de los tiempos de residencia de una corriente de fluido (Fogler S. H., 1992) y, como tal, su representación en forma normalizada es la siguiente:

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = 1 \quad (3)$$

Esta es la función de probabilidad estadística, y se relaciona con la probabilidad que tienen las moléculas del fluido de salir del sistema en un intervalo de tiempo  $\delta t$ .

### 2.1 La técnica de trazadores

$$\theta = t/\tau$$

Las técnicas estímulo–respuesta (Levenspiel, 1997) consisten en aplicar un trazador en el flujo que entra a la unidad y medir la concentración del mismo a la salida con respecto al tiempo, hasta que no se detecte ningún cambio (ausencia de trazador o concentración constante del mismo dependiendo del tipo de inyección utilizado). Hay dos formas comunes de aplicarlos. La primera es de tipo escalón, en el cual se inyecta el trazador en forma continua durante un periodo de tiempo  $\Delta t$ ; la otra es instantánea, en la que se introduce una cantidad conocida  $w$  del trazador en un tiempo muy corto. Con la finalidad de caracterizar el flujo, se hace uso de parámetros adimensionales del tiempo  $\theta$ , y la distribución de los tiempos de residencia  $E$ :

(4)

$$E(t) = \frac{C(t)}{C_0} \quad (5)$$

donde:

|               |   |
|---------------|---|
| $C$ ,         | Concentración del trazador a la salida de la unidad en el tiempo $t$  |
| $C_0 = w/V$ , | Concentración inicial del trazador, considerando que este se reparte uniformemente en el volumen de estudio |
| $w$ ,         | Cantidad de trazador utilizado  |

Cuando no se conoce la concentración inicial  $C_0$  del trazador, esta puede ser determinada midiendo la cantidad de trazador que sale de la unidad e integrando el área bajo la curva  $C$  vs  $t$ . Aritméticamente puede ser calculada como:

$$C_0 = \frac{\int_0^{\infty} QC(t) dt}{V} = \frac{Q}{V} \int_0^{\infty} C(t) dt = \frac{1}{\tau} \int_0^{\infty} C(t) dt \approx \frac{\sum C \Delta t}{\tau} \quad (6)$$

Por medio de mediciones se puede obtener la curva  $E = f(\theta)$  real, y compararla con la de los modelos matemáticos de flujo representados por funciones de tipo  $E = g(\theta)$ , y calcular los parámetros que minimicen

el error ( $\varepsilon$ ) entre las dos curvas. La función de distribución es normalizada como sigue (Fernández-Sempere, 1995):

$$E(\theta) = \tau E(t) \quad (7)$$

Las técnicas utilizadas para determinar el comportamiento hidráulico de las unidades de tratamiento como floculadores, sedimentadores o tanques de mezcla, pueden variar desde el uso de métodos simplificados como el de Rebhun y Argaman, el análisis de la curva experimental y de su correlación con las características hidráulicas, hasta el uso de modelos matemáticos que describen el funcionamiento hidráulico de las unidades. Buckler y Breitman (citados por Roy P. H. y Martinet J. P., 1974) ligan la distribución de los tiempos de residencia de una cascada de recipientes perfectamente mezclados, todos del mismo volumen, con la ley de Poisson. De Baun y Katz, citados por los mismos autores, igual que Chiang y Cholette, lo hacen con la distribución Chi-cuadrada. Roy y Cholette mostraron que la distribución normal de  $\theta^{1/3}$  es una buena aproximación de la distribución de los tiempos de residencia en recipientes agitados en régimen continuo. A continuación, se desarrolla un modelo matemático de tanques en serie sin recirculación.

### 3. MODELO DE VARIOS REACTORES PERFECTAMENTE MEZCLADOS EN SERIE CON ZONAS MUERTAS Y CORTOCIRCUITOS, SIN RECIRCULACIÓN

En general, en este tipo de aplicaciones matemáticas (Roustan, 1991), se proponen modelos físicos susceptibles de ser descritos mediante ecuaciones simples, que generen una serie de curvas lo más cercanas posibles a la distribución de tiempos de residencia observada experimentalmente. Para ciertos modelos se utiliza el concepto de función de transferencia, en el cual se considera el volumen de control como una caja negra con una entrada y una salida. Si se define a  $x(t)$  como la señal a la entrada, después de atravesar la unidad ésta se convierte en  $y(t)$ . La función de transferencia  $G(p)$  se calcula como el cociente de las transformadas de Laplace de las señales de salida  $y(p)$  y de entrada  $x(p)$ :

$$\begin{aligned} L\{x(t)\} &= x(p) \\ L\{y(t)\} &= y(p) \\ G(p) &= \frac{y(p)}{x(p)} \end{aligned} \quad (8)$$

Normalmente los sistemas de tratamiento son complejos y están constituidos de diferentes tipos de flujos. Cada uno de ellos puede ser caracterizado por una función de transferencia, que se combinan para formar la función de transferencia global  $G(p)$ , como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Representación de las funciones de transferencia para diferentes tipos de flujo

| Tipo de flujo                           | Combinación   | Representación |
|---|---|----------------|
| Agitación perfecta                      |   |                |
| Pistón                                  | <b>En serie</b><br>$G(p) = G_1(p) \cdot G_2(p) \cdot \dots$   |                |
| Zona muerta o Corto circuito            | <b>En paralelo</b><br>$G(p) = \alpha G_1(p) + (1 - \alpha) G_2(p)$  |                |
| Pistón con zona muerta o cortocircuitos | <b>En serie y paralelo</b><br>$G(p) = G'_1(p) \cdot G'_2(p) \cdot \dots$<br>Donde:<br>$G'_1 = G'_2 = \dots = \alpha G_1(p) + (1 - \alpha) G_2(p)$ |                |
| Recirculación                           | <b>En círculo</b><br>$G(p) = \frac{G_1(p)}{1 + \alpha - \alpha G_1(p) \cdot G_2(p)}$  |                |

En el caso de unidades trabajando en flujo pistón, todas las moléculas del fluido permanecen dentro del reactor el mismo tiempo. La función de distribución en este caso es un pico de altura infinita y ancho cero, y su área es igual a uno. El pico aparece a  $t = \tau$ , y matemáticamente es representado por la función de Dirac  $\delta$ :

$$E(t) = \delta(t - \tau) \quad (9)$$

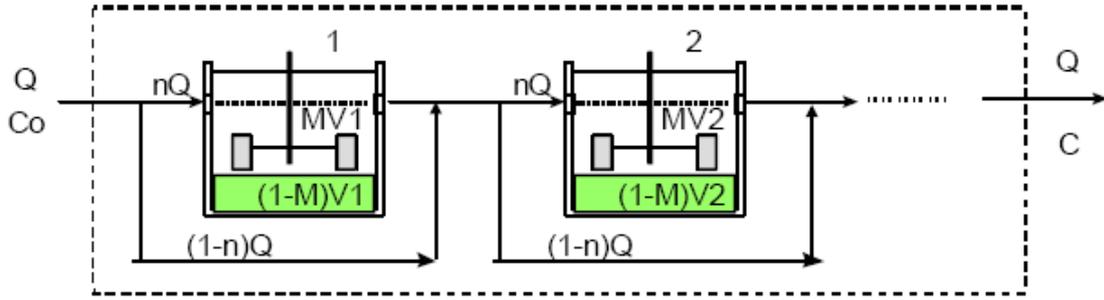
La función de Dirac tiene las siguientes propiedades:

$$\begin{aligned} \delta(x) &= 0 && \text{cuando} && x \neq 0 \\ \delta(x) &= \infty && \text{cuando} && x = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) dx &= 1 \\ \int_{-\infty}^{\infty} g(x) \delta(x - \tau) dx &= g(\tau) \end{aligned} \quad (11)$$

El modelo matemático de la respuesta a la salida del tanque es diferente para los casos cuando el trazador se inyecta en escalón o por impulso.

El modelo presentado en la figura 1 considera el segundo tipo de inyección, debido a que es más sencillo y práctico cuando se desea evaluar el comportamiento de las unidades de tratamiento en plantas potabilizadoras.



**Figura 1.** Varios reactores en serie, con zonas muertas y cortocircuitos

La función global de transferencia, tomando en cuenta que se trata de  $N$  reactores en serie (ver Tabla 1), estará dada por:

$$G(p) = G'_1(p) \cdot G'_2(p) \cdot \dots \quad (12)$$

Cada reactor perfectamente mezclado con zonas muertas y cortocircuitos está representado por su función de transferencia:

$$G'_1(p) = G'_2(p) = \dots = \frac{n}{1 + \frac{M\tau}{n}p} + (1-n) = \frac{n}{1 + \frac{M\tau}{nN}p} + (1-n) = \quad (13)$$

Sustituyendo la ecuación 13 en la 12 y considerando que  $\tau_i = \tau \square / N$ , llegamos a:

$$G(p) = \left[ \frac{n}{1 + \frac{M\tau}{nN}p} + (1-n) \right]^N = \left[ \frac{n + (1-n) \left( 1 + \frac{M\tau}{nN}p \right)}{1 + \frac{M\tau}{nN}p} \right]^N = \left[ \frac{\frac{nN}{M\tau} \left( n + \left( 1 + \frac{M\tau}{nN}p \right) (1-n) \right)}{\left( \frac{nN}{M\tau} \right) \left( 1 + \frac{M\tau}{nN}p \right)} \right]^N =$$

$$\left[ \frac{\frac{n^2 N}{M\tau} + \left( \frac{nN}{M\tau} + p \right) (1-n)}{\frac{nN}{M\tau} + p} \right]^N = \left[ \frac{\frac{n^2 N}{M\tau} + \frac{nN}{M\tau} (1-n) + p(1-n)}{\frac{nN}{M\tau} + p} \right]^N = \left[ \frac{\frac{n^2 N}{M\tau} + \frac{nN}{M\tau} - \frac{n^2 N}{M\tau} + p(1-n)}{\frac{nN}{M\tau} + p} \right]^N =$$

Según el modelo:

$$G(p) = \left[ \frac{\frac{nN}{M\tau} + (1-n)p}{\frac{nN}{M\tau} + p} \right]^N \quad (15)$$

Para poder llevar a cabo la transformada inversa de la ecuación 15, se hace la siguiente parametrización:

$$a = \frac{nN}{M\tau} \quad (16)$$

$$b = (1-n) \quad (17)$$

$$c = a / b \quad (18)$$

Sustituyendo 16, 17 y 18 en 15:

$$G(p) = \left[ \frac{a + bp}{p + a} \right]^N = \left[ \frac{\frac{b}{b}(a + bp)}{(p + a)} \right]^N = b^N \left[ \frac{\frac{a}{b} + p}{p + a} \right]^N = b^N \left[ \frac{p + c}{p + a} \right]^N \quad (19)$$

cuya transformada inversa es:

$$E(t) = b^N L^{-1} \left\{ \left[ \frac{p + c}{p + a} \right]^N \right\} \quad (20)$$

Como no es posible transformar de manera directa la ecuación 20, es necesario hacerlo por fracciones múltiples. Sin embargo, esto requiere que el numerador sea un polinomio de grado menor al denominador, por lo que se divide por:

$$\left[ p + a \right]^N \overline{\left[ p + c \right]^N} \quad (21)$$

Un polinomio de grado  $N$  puede también escribirse como:

$$\left[ p + a \right]^N = \left[ p^N + \dots + a^N \right] \quad (22)$$

$$\left[ p + c \right]^N = \left[ p^N + \dots + c^N \right] \quad (23)$$

Sustituyendo las ecuaciones 22 y 23 en la 21 y resolviendo, se obtiene:

$$\text{St} \quad \left[ p + a \right]^N \overline{\left[ p + c \right]^N} = \left[ p^N + \dots + a^N \right] \frac{\overline{\left[ p^N + \dots + c^N \right]}}{-\left[ p^N + \dots + a^N \right]} = 1 + \frac{\left( \left[ p + c \right]^N - p^N \right) - \left( \left[ p + a \right]^N - p^N \right)}{\left[ p + a \right]^N} \quad (24)$$

$$E(t) = b^N \left\{ L^{-1} \left[ 1 + \frac{\left[ p + c \right]^N - \left[ p + a \right]^N}{\left[ p + a \right]^N} \right] \right\} = b^N L^{-1} \left\{ \frac{\left[ p + c \right]^N - \left[ p + a \right]^N}{\left[ p + a \right]^N} \right\} \quad (25)$$

Aplicando fracciones múltiples al término entre corchetes, se tiene:

$$\frac{\left[ p + c \right]^N - \left[ p + a \right]^N}{\left[ p + a \right]^N} = \frac{a_1}{(p + a)} + \frac{a_2}{(p + a)^2} + \frac{a_3}{(p + a)^3} + \dots + \frac{a_N}{(p + a)^N} \quad (26)$$

Derivando se pueden encontrar los valores de las constantes de la siguiente forma:

$$a_k = \frac{1}{(N - k)!} \text{Lim}_{p \rightarrow -a} \frac{d^{N-k} B_a(p)}{dp^{N-k}} \quad \text{cuando} \quad B_a(p) = \frac{\left[ p + a \right]^N \left( \left[ p + c \right]^N - \left[ p + a \right]^N \right)}{\left[ p + a \right]^N} \quad (27)$$

$$a_N = \text{Lim}_{p \rightarrow -a} B_a(p)$$

$$a_k = \frac{1}{(N-k)!} \text{Lim}_{p \rightarrow -a} \frac{d^{N-k} \left( [p+c]^N - [p+a]^N \right)}{dp^{N-k}} = \frac{1}{(N-k)!} \text{Lim}_{p \rightarrow -a} \frac{d^{N-k} [p+c]^N}{dp^{N-k}} \quad (28)$$

Desarrollando algunos términos, se obtiene:

$$a_N = (c-a)^N$$

$$a_{N-2} = \text{Lim}_{p \rightarrow -a} \frac{1}{[N-(N-2)]!} \left[ N(N-1)(p+c)^{N-2} \right] = \frac{N(N-1)(c-a)^{N-2}}{2!}$$

$$a_{N-3} = \text{Lim}_{p \rightarrow -a} \frac{1}{[N-(N-3)]!} \left[ N(N-1)(N-2)(p+c)^{N-3} \right] = \frac{N(N-1)(N-2)(c-a)^{N-3}}{3!}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_{N-k} = \frac{N!}{k!(N-k)!} (c-a)^{N-k}$$

haciendo:  $N-k=i$  y  $k=N-i$ , se obtiene:

$$a_i = \frac{N!}{(N-i)!i!} (c-a)^i \quad (30)$$

Sustituyendo en la ecuación 26 y obteniendo la transformada inversa, arribamos a:

$$L^{-1} \left\{ \frac{[p+c]^N - [p+a]^N}{[p+a]^N} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{\frac{N!}{(N-1)!} (c-a)}{(p+a)} + \frac{\frac{N!}{(N-2)!2!} (c-a)^2}{(p+a)^2} + \frac{\frac{N!}{(N-3)!3!} (c-a)^3}{(p+a)^3} + \dots + \frac{\frac{N!}{(N-N)!N!} (c-a)^N}{(p+a)^N} \right\} = \quad (31)$$

$$\frac{N!}{(N-1)!} (c-a)e^{-at} + \frac{N!}{(N-2)!2!} (c-a)^2 \frac{t^{2-1}e^{-at}}{(2-1)!} + \frac{N!}{(N-3)!3!} (c-a)^3 \frac{t^{3-1}e^{-at}}{(3-1)!} + \dots + \frac{(c-a)^N t^{N-1} e^{-at}}{(N-1)!}$$

$$\sum_{i=1}^N \frac{N! e^{-at} (c-a)^i t^{i-1}}{(N-i)!i!(i-1)!} \quad (32)$$

Por lo tanto, la ecuación 25 toma la forma:

$$E(t) = b^N \sum_{i=1}^N \frac{N! e^{-at} (c-a)^i t^{i-1}}{(N-i)!i!(i-1)!} \quad (33)$$

Sustituyendo en 30, las ecuaciones 16, 17, 18 y 4:

$$E(t) = (1-n)^N \sum_{i=1}^N \frac{N! e^{-at} \left( \frac{nN}{M\tau(1-n)} - \frac{nN}{M\tau} \right)^i t^{i-1}}{(N-i)!i!(i-1)!} = \sum_{i=1}^N \frac{N! e^{-\frac{nN\theta}{M}} \left( \frac{nN - nN(1-n)}{M\tau(1-n)} \right)^i t^{i-1} (1-n)^N}{(N-i)!i!(i-1)!} \quad (34)$$

Haciendo:

$$\left( \frac{nN - nN(1-n)}{M\tau(1-n)} \right)^i t^{i-1} (1-n)^N = \left( \frac{nN - nN + n^2N}{M\tau(1-n)} \right)^i t^{i-1} (1-n)^N = \frac{n^{2i} N^i t^{i-1} (1-n)^{N-i}}{(M\tau)^i} \frac{N}{N} \frac{n}{n} \frac{M}{M} \frac{\tau}{\tau} = \quad (35)$$

$$\frac{n^i n^{i-1} n N^{i-1} N^i t^{i-1} (1-n)^{N-i}}{M^{i-1} M \tau^i \tau^1 \tau} = \frac{N^{i-1} n^{i-1} \theta^{i-1}}{M^{i-1}} \frac{Nn}{M\tau} n^i (1-n)^{N-i}$$

Reacomodando 35 y sustituyendo en ella la ecuación 7, se obtiene la función que describe este caso:

$$E(\theta) = \frac{Nn}{M} \sum_{i=1}^N \frac{N! e^{\frac{-nN\theta}{M}} \left(\frac{Nn\theta}{M}\right)^{i-1} (1-n)^{N-i} n^i}{(N-i)! i! (i-1)!} \quad (36)$$

De acuerdo a Cholette y Cloutier (citados por Roustan, 1991), la media y la varianza para modelos de este tipo tienen las siguientes características:

$$\mu = M\tau \quad (37)$$

$$\sigma_r^2 = \frac{M^2(2-n)}{nN} \quad (38)$$

Cuando el flujo en el proceso se aproxima al flujo pistón, y el trazador se aplica como un impulso, el tiempo medio de residencia es igual al tiempo en que aparece la concentración más alta del trazador a la salida de la unidad y se denomina  $tp$ . Cuando la media es igual al tiempo de retención hidráulico  $\tau$ , indica que no hay zonas muertas ni cortocircuitos en la unidad. Si es menor, indica que el flujo pasa a través de canalizaciones y existen zonas estancadas. Un tiempo medio de residencia mayor al de retención hidráulica sugiere error en la medida del caudal o en el volumen disponible, o que el trazador no es inerte y es adsorbido sobre las superficies del tanque.

También se tiene que  $0 \leq \frac{\sigma^2}{\mu^2} \leq 1$ . El valor de cero indica que el reactor trabaja como flujo pistón, y la

unidad señala que lo hace como mezcla completa. En el intervalo de 0 a 1 la unidad trabaja como varios reactores en serie. Para determinar los parámetros,  $M$ ,  $n$  y  $N$ , que caracterizan este modelo, se hace uso de mediciones experimentales y de algún método numérico iterativo que haga variar los mismos hasta que exista el menor error posible entre los valores reales y teóricos. Para esto es necesario calcular el error  $\varepsilon$ , definido como:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{\sum \left[ \left(\frac{C}{C_0}\right)_{\text{calculado}} - \left(\frac{C}{C_0}\right)_{\text{teórico}} \right]^2}}{(\text{Número de mediciones} - 1)} \quad (39)$$

Una buena aproximación para determinar el número de tanques en serie que representan el comportamiento de la unidad se obtiene utilizando el coeficiente de variación, o varianza relativa:

$$\frac{\sigma^2}{\mu^2} = \frac{1}{N} \quad (40)$$

donde:

$$\sigma^2 = \frac{\int_0^{\infty} (t - \mu)^2 C(t) dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt} = \frac{\sum t^2 C(t)}{\sum C(t)} - \mu^2 \quad (41)$$

Esta relación es válida en la medida que se conozca toda la curva experimental. La fracción de zonas muertas ( $1-M$ ) se determina considerando que esta es una medida de la desviación que existe entre los tiempos teórico de residencia y medio de residencia, expresada en la ecuación 37.

#### 4. MODELO DE CHOLETTE Y CLOUTIER

Cholette y Cloutier (citados por Roustan, 1991) propusieron un modelo para varios reactores perfectamente mezclados en serie, con zonas muertas y cortocircuitos, sin recirculación, es decir en condiciones similares al aquí desarrollado, como se describe a continuación, pero que no satisface la noción de normalización de la ecuación 3:

$$E(\theta) = \frac{Nn}{M} \sum_{i=1}^N \frac{i! e^{\frac{-nN\theta}{M}} \left(\frac{Nn\theta}{M}\right)^{i-1} (1-n)^{N-i} n^i}{(N-i)! N!(i-1)!} \quad (42)$$

#### 5. DATOS EXPERIMENTALES

Para comparar los resultados de los modelos antes citados, usaremos datos de mediciones realizadas en varias plantas potabilizadoras que se encuentran en México. Estas fueron visitadas por el autor en febrero de 2017. En los experimentos se utilizó sal común como trazador, la cual fue previamente disuelta en un recipiente de tamaño adecuado para ser manipulado fácilmente al momento de verter la solución salina a la entrada de la unidad en estudio. La cantidad de sal empleada dependió en cada caso del volumen de la unidad. Se estableció una concentración inicial entre 20 y 30 mg/l, considerando que se mezclara totalmente con el volumen de estudio.

El trazador se aplicó de manera instantánea en lugares donde se tuviera la mayor certeza de una mezcla homogénea y antes de que el flujo entrara a la unidad. Para analizar los floculadores se aplicó el trazador en los tanques de mezcla rápida o en los canales de llegada; en el caso de los sedimentadores, los canales de comunicación con los floculadores fueron los lugares más adecuados. Siempre se analizó por separado cada uno de los procesos. Se inició con los tanques de sedimentación y después con los floculadores, con la finalidad de evitar la interferencia por la presencia de sal remanente en el volumen del floculador al estudiar el sedimentador.

Al momento de arrojar la solución salina, se comenzó la lectura de la concentración de sólidos disueltos totales, SDT, en la salida de la unidad utilizando un conductímetro. En los floculadores se monitorearon los SDT a la salida de cada cámara, y en los sedimentadores en puntos diferentes del tanque. Las lecturas se llevaron a cabo en

intervalos de tiempo que variaron entre 1 y 3 minutos, dependiendo del tiempo de residencia de la unidad.

#### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE MODELOS

Los modelos presentados (en adelante se denominarán IMTA, y C.C., iniciales de Cholette y Cloutier) se aplicaron a unidades de plantas potabilizadoras con comportamiento hidráulico de mezcla completa, flujo pistón, con zonas muertas y cortocircuitos (Tabla 2). Es importante señalar que, para el cálculo de la concentración inicial del trazador  $C_0$ , puede utilizarse la cantidad de sal agregada  $w$  y el volumen de la unidad  $V$  ( $C_0 = w/V$ ), o bien la determinada mediante la ecuación 6. Si la medición se lleva a cabo hasta que no se detecta más sal a la salida de la unidad, los resultados obtenidos en los dos casos son muy similares.

Sin embargo, muchas veces, las curvas reales presentan “colas” muy largas que hacen poco práctico el continuar la medición (sobre todo cuando el tiempo de residencia es muy largo) y no se logra determinar la cantidad total de sal a la salida.

**Tabla 2.** Características de las unidades estudiadas

| Ciudad         | Gasto l/s | Floculadores                                 |                        | Sedimentadores |                        |
|----------------|-----------|--|------------------------|----------------|------------------------|
|                |           | Tipo<br>Lugar de medición                    | Volumen m <sup>3</sup> | Tipo           | Volumen m <sup>3</sup> |
| Piedras Negras | 117.5     | Hidráulico vertical<br>3 <sup>a</sup> cámara | 299                    | -              | -                      |
| Reynosa        | 181       | -  | -                      | Alta tasa      | 459.6                  |
| Nuevo Laredo   | 158       | Mecánico<br>2 <sup>a</sup> cámara            | 115.2                  | -              | -                      |

La fracción de zonas muertas ( $I-M$ ) se calculó con las ecuaciones 37 y 41. En las tablas 3, 4 y 5 se presentan los resultados obtenidos con los dos modelos, y se toma para el cálculo la cantidad de sal medida (área bajo la curva experimental) o la agregada y haciendo variar  $n$  y  $N$  hasta obtener el mínimo error entre los datos teóricos y experimentales.

**Tabla 3.** Unidad con predominancia de mezcla completa. Planta potabilizadora de Nuevo Laredo, Tam.

| Sal      | Modelo IMTA |     |       |            | Modelo C.C. |     |       |            |
|----------|-------------|-----|-------|------------|-------------|-----|-------|------------|
|          | $1-M$       | $N$ | $1-n$ | $\epsilon$ | $1-M$       | $N$ | $1-n$ | $\epsilon$ |
| Medida   | 0.082       | 2   | 0     | 0.0122     | 0.082       | 2   | 0     | 0.0122     |
| Agregada | 0.082       | 2   | 0     | 0.0120     | 0.082       | 2   | 0.018 | 0.011      |

Para el caso de la sal medida, el mejor ajuste se obtiene con  $N = 2$  y cero cortocircuitos. La forma de la curva (fig. 2) y el número de reactores obtenidos indican que la segunda cámara del floculador tiene un comportamiento hidráulico de mezcla completa, lo que es lógico si se considera que se trata de un floculador mecánico con paletas.

Cuando se considera la cantidad de sal agregada (figura 3), en la misma Tabla 3, se observa que el error obtenido en el punto de mejor ajuste ( $N = 2$ ), es prácticamente el mismo que en el caso de utilizar la sal medida. Esto se debe principalmente a que la experimentación se prolongó hasta que casi ya no se detectó sal a la salida de la unidad. Por lo tanto, los resultados obtenidos difieren muy poco.

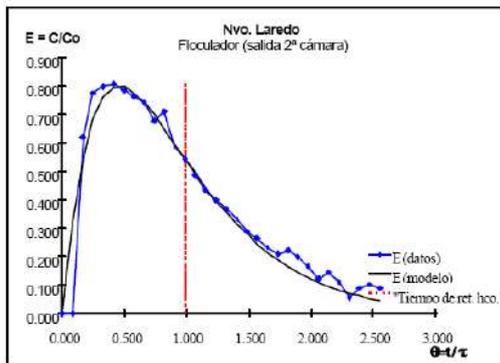


Fig. 2 Ajuste obtenido con el modelo IMTA utilizando la sal medida y  $N = 2$

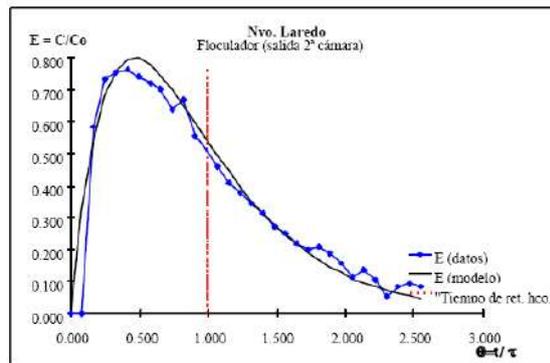


Fig. 3 Ajuste obtenido con el modelo IMTA, utilizando la sal agregada y  $N = 2$

Aplicando el modelo C.C. con los mismos datos, se observa en la tabla 2, que el mejor ajuste se obtiene para  $N = 2$  y cero cortocircuitos. Para eso véanse las figura 4 y 5.

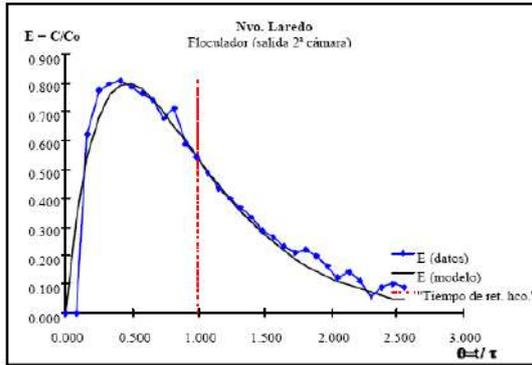


Fig. 4 Ajuste obtenido con el modelo C.C. utilizando la sal agregada y  $N = 2$ .

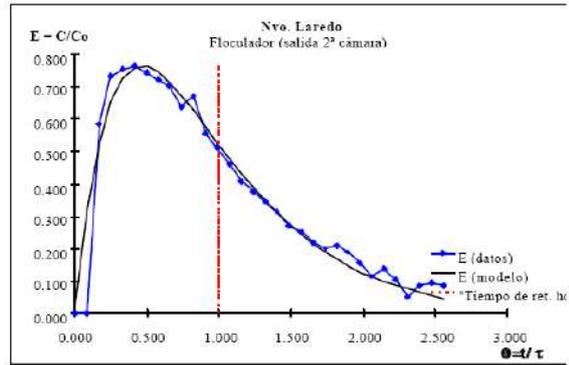


Fig. 5 Ajuste obtenido con el modelo C.C. utilizando la sal medida y  $N = 2$ .

Para este caso en particular los dos modelos llegan a los mismos resultados, es decir, dos reactores en serie y cero cortos circuitos como mejor ajuste.

**Tabla 4.** Unidad con predominancia de flujo pistón. Planta potabilizadora de Piedras Negras, Coah.

| Sal      | Modelo IMTA |     |        |            | Modelo C.C. |     |       |            |
|----------|-------------|-----|--------|------------|-------------|-----|-------|------------|
|          | $1-M$       | $N$ | $1-n$  | $\epsilon$ | $1-M$       | $N$ | $1-n$ | $\epsilon$ |
| Medida   | -0.029      | 87  | 0.0042 | 0.018      | -0.029      | 88  | 0.02  | 0.017      |
| Agregada | -0.029      | 102 | 0      | 0.035      | -0.029      | *   | *     | *          |

Existen zonas muertas negativas, lo que indica que hay errores en la determinación del gasto o el volumen. En la tabla 4, puede observarse que aplicando el modelo IMTA, el número de reactores en serie varía,  $N = 87$  y  $102$  para la sal medida y agregada respectivamente. La unidad se comporta como un flujo pistón y tiene cero cortocircuitos, sin embargo, el ajuste es mejor con la sal medida. Véanse las figuras 6 y 7.

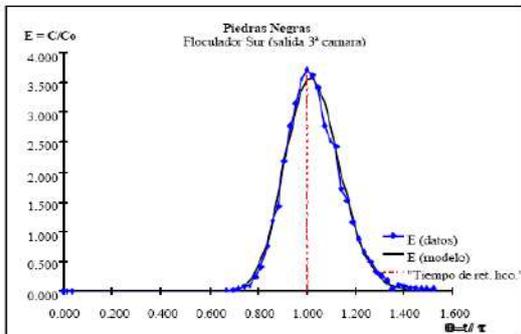


Fig. 6 Ajuste obtenido con el modelo IMTA utilizando la sal medida y  $N = 87$

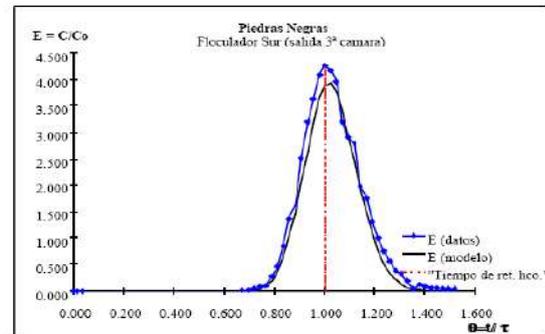


Fig. 7 Ajuste obtenido con el modelo IMTA utilizando la sal agregada y  $N = 102$

Por otro lado, aplicando el modelo C.C., con los datos de la sal medida se obtienen resultados similares a los obtenidos con el modelo IMTA,  $N = 88$  y  $N = 87$  respectivamente, y cero cortocircuitos (Tabla 4), y en consecuencia el ajuste es bueno. Véase la figura 8 para tal fin. Sin embargo, si se aplica al caso de la sal agregada, el modelo C.C. no converge.

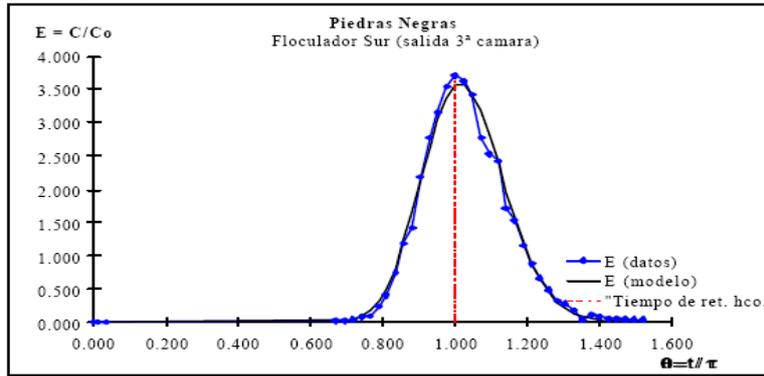


Fig.8 Ajuste obtenido con el modelo C.C. utilizando la sal medida y  $N = 88$

Tabla 5. Unidad con alto porcentaje de zonas muertas y cortocircuitos. Planta potabilizadora de Reynosa, Tam.

| Sal      | Modelo IMTA |   |      |            | Modelo C.C. |   |      |            |
|----------|-------------|---|------|------------|-------------|---|------|------------|
|          | 1-M         | N | 1-n  | $\epsilon$ | 1-M         | N | 1-n  | $\epsilon$ |
| Medida   | 0.31        | 5 | 0.10 | 0.035      | 0.31        | - | -    | -          |
| Agregada | 0.31        | 5 | 0.10 | 0.035      | 0.31        | 3 | 0    | 0.036      |
| Agregada | 0.45        | 5 | 0.20 | -          | 0.55        | 8 | 0.04 | -          |

Para este caso el mínimo error se obtiene con cinco reactores en serie y 10% de cortocircuitos (ver Tabla 5). Sin embargo, se observa, en las figuras 9 y 10, que las curvas obtenidas no describen adecuadamente el comportamiento inicial de los datos experimentales. En este caso en particular el 50% del trazador sale cuando  $\theta < 0.6$ , esto implica que la parte de la curva que más interesa es la que corresponde a  $0 < \theta < 1$ , y por el contrario, el modelo ajusta mejor los datos precisamente arriba de este rango.

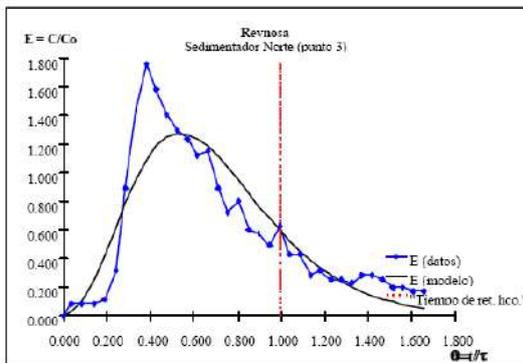


Fig. 9 Ajuste obtenido con el modelo IMTA, utilizando la sal medida y  $N = 5$

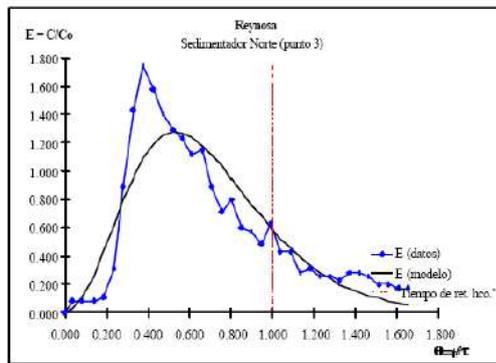


Fig. 10 Ajuste obtenido con el modelo IMTA, utilizando la sal agregada y  $N = 5$

Ajustando los parámetros del modelo, e incluyendo el valor de  $M$  que hasta aquí se había calculado con ecuación 37, se logró obtener un ajuste que siguiera el comportamiento del pico de la curva experimental.

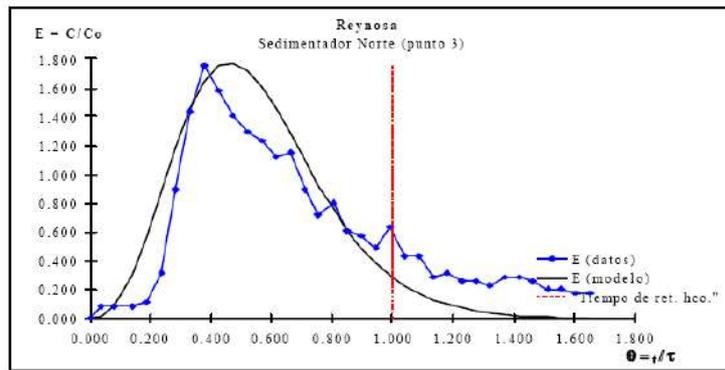


Fig. 11 Ajuste obtenido con el modelo IMTA, con la sal agregada,  $N = 5$ , 45% de zonas muertas y 20% de cortocircuitos

Se aplicó el modelo C.C., considerando para el cálculo la cantidad de sal agregada y el porcentaje de zonas muertas obtenido con la media y el tiempo de residencia hidráulico. Igual que el modelo IMTA, éste tiene problemas de ajuste con los datos medidos, los que se pueden ver en la figura 12. Por eso, se hizo variar el porcentaje de zonas muertas hasta adecuar la curva teórica lo más posible a los datos (ver figura 13).

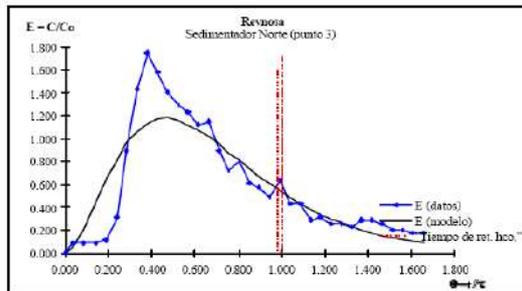


Fig. 12 Ajuste obtenido con el modelo C.C y  $N = 3$

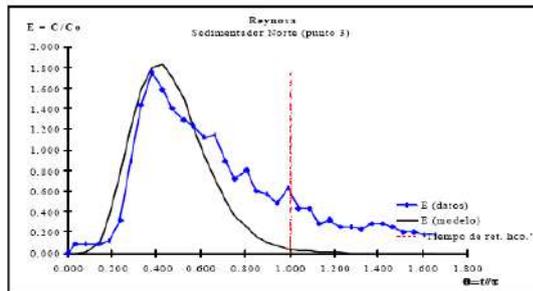


Fig. 13 Ajuste obtenido con el modelo C.C  $N = 8$ , 55% de zonas muertas y 4% de cortocircuitos.

## Referencias

- [1] Buffham, B.A., Kropholler, H.W., 1981. Residence-time distributions for systems having many connections with their environments. *Ind. Eng. Chem. Fundam.* 20, 102–104.
- [2] Berne, Ph., Thereska, J., 2004. Simulation of a radiotracer experiment by flow and detection-chain modeling: a first step towards better interpretation. *Appl. Radiat. Isot.* 60, 855–861.
- [3] Behrens H. - Z. Deutsch, Geol. Ges. "Eine Verbesserte Nachweismethode fuer Fluoreszenzindikatoren und ihre Anwendung zur Feststellung von Fließwegen im Grundwasser" - Hannover - 1973.
- [4] Alex Diachisin M. "Dye Dispersion Studies", *Journal of the Sanitary Engineering Division. - Proceedings of the American Society of Civil Engineers.*
- [5] Fan, L.T. S.T., Stochastic modeling of transient residence-time distributions during start-up. *Chem. Eng. Sci.* 50 (2), 211–221.
- [6] Furman, L., Leclerc, J.P., Stegowski, Z., 2005. Tracer investigation of a packed column under variable flow. *Chem. Eng. Sci.* 60, 3043–3048.
- [7] IAEA "Radiotracer Technology for Engineering Unit Operation Studies and Unit Processes Optimization", Technical Report, Krakow-Poland, 1999.
- [8] João S.F. Roldão, Guilherme Goretkin. Danckwerts "Calibração de Modelos matemáticos Aplicáveis a Simulação do Transporte e Dispersão em Águas Costeiras. Uso de Traçadores Fluorescentes", P.V., 1953.

- [9] Kim, H.S., Shin, M.S., Jang, D.S., Jung, S.H., Jin, J.H., 2005. Study of flow characteristics in a secondary clarifier by numerical simulation and radioisotope tracer technique. *Appl. Radiat. Isot.* 63, 519–526.
- [10] Leclerc J.-P., Grevillot G. “Traceurs et méthodes de traçages”, *Récents Progrès en Génie des procédés*, 61, Vol. 12, 1998.
- [11] Leclerc J.-P. “Traceurs and tracing methods”, *Récents Progrès en Génie des procédés*, 79, Vol. 15, 2001.
- [12] Niemi, A.J., Zenger, K., Thereska, J., Martinez, J.G., 1998. Tracer testing of processes under variable flow and volume. *Nukleonika* 43 (1), 73–94.
- [13] Plata, A. (1972). *Isótopos en Hidrología*. Editorial Alambra. Madrid.
- [14] Potier, O., Leclerc, J.-P., Pons, M.-N., 2005. Influence of geometrical and operating parameters on the axial dispersion in an aerated channel reactor. *Water Res.* 39, 4454-4462.
- [15] Projeto COPPETEC ET – 154138, "Determinação dos Parâmetros que regem a dispersão das Águas de Refrigeração de Angra I, lançados na Enseada de Piraguara de Fora. Relatório - COPPE / UFRJ - 198
- [16] Rodríguez, C. O. (1973). Determination of aquifer parameters with radiotracers, Submitted as part of the first term, M. Sc. course requirements in hydrogeology. 33 p., 10 figs. University of London, London.
- [17] Roche, N., Bendouan, R., Prost, C., 1994. Modelisation de l'hydrodynamique d'un de'cateur primaire de station de purification. *Rev. Sci. Eau* 7, 153–167.
- [18] Shen, B.C., Chou 1995, Continuous flow systems, distribution of residence times. *Chem. Eng. Sci.* 2 (1), 1–13.
- [19] Sebastián C., Maghella, G., Mamani, E. “Evaluación de las unidades de tratamiento de agua, utilizando técnicas de trazadores radiactivos”. Informe Técnico IPEN, Lima -Perú, 1998.
- [20] Thereska, J. “Radiotracer Methodology and Technology”. - IAEA, NAPC, Industrial Applications and Chemistry Section, Vienna-Austria, February 1999.
- [21] Thyn, J., Zitny, R., 2002. Analysis and diagnostics of industrial processes by radiotracers and radioisotope sealed sources II. Department of Process Engineering, Faculty Mechanical Engineering, Praha, CTU, 2002.
- [22] Thyn, J., Zitny, R., Kluson, J., Cechak, T., 2000. Analysis and diagnostics of industrial processes by radiotracers and radioisotope sealed sources I. Department of Process Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, CTU, Praha, 2000



# Impacto del Covid-19 en la Bolsa de Valores de Lima año 2020: Caso Perú

*Impact of Covid-19 on the Lima Stock Exchange Year 2020: Peru Case*

**Christian Tinoco Plasencia<sup>1</sup>, Sixto Córdova Castro<sup>2</sup>, José Luis Cortes Fontcuberta Abucci<sup>3</sup>, Mercedes López Almeida<sup>4</sup>, Mario Herrada Gutiérrez<sup>5</sup>**

RECIBIDO: 08 de mayo del 2022

ACEPTADO: 12 de agosto del 2022

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo analizar el impacto del Covid-19 en la Bolsa de Valores de Lima. Para tal fin se empleó la investigación documental. La información utilizada se obtuvo de diversas fuentes, entre ellas el IIF, la OMS, la BVL y la SMV. Se pudo constatar que el impacto del Covid-19 sobre el desarrollo de actividades de la BVL fue significativo, pues ocasionó grandes caídas en los índices bursátiles más importantes y disminuyó el flujo de transacciones durante el año 2020. Asimismo, los sectores económicos como minería e hidrocarburos sufrieron bajas considerables que afectaron la actividad bursátil en el país. Sin embargo, a pesar del impacto negativo del Covid-19 en la BVL, sus operaciones se pudieron recuperar paulatinamente a finales del año 2020, y se logró que sus principales índices S&P/BVL Perú Select y S&P/BVL Perú General cerraran en +3.76% y +1.44% respectivamente.

**Palabras clave:** bolsa de valores, Covid-19, pandemia, sectores económicos

## ABSTRACT

The study aimed to analyze the impact of Covid-19 on the Lima Stock Exchange. For this purpose, documentary research was used, and the information used was obtained from various sources, including the IIF, the WHO, the BVL and the SMV. It was found that the impact of Covid-19 on the development of BVL activities was significant, causing large drops in the most important indices and reducing the flow of transactions during 2020. Likewise, economic sectors such as mining and hydrocarbons suffered considerable declines that affected stock market activity in the country. However, despite the negative impact of Covid-19 on the BVL, its operations were able to gradually recover at the end of 2020, with its main indices S&P/BVL Peru Select and S&P/BVL Peru General closing at +3.76% and +1.44%, respectively.

**Keywords:** stock exchange, Covid-19, pandemic, economic sectors

## 1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fue notificada el 31 de diciembre de 2019 sobre un conjunto de 27 casos de neumonía de etiología no identificada por la dirección de salud de China, que afectó a personas relacionadas con un mercado de venta de alimentos y animales en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei [1]. El 7 de enero de 2020 se determinó que este virus fue causado por un nuevo grupo de coronavirus, identificado como Covid-19. Debido a la acelerada proliferación del Covid-19 en China y en otros países; el 30 de enero de 2020 el Comité de Emergencia para el Reglamento Sanitario Internacional de la OMS, lo declaró como una Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII). Finalmente, el 11 de marzo de 2020, ante el gran número

---

<sup>1</sup> Doctorando en Administración de Negocios Globales MBA. Ingeniero Industrial. Docente Investigador de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, <[christian.tinoco@urp.edu.pe](mailto:christian.tinoco@urp.edu.pe)>, <https://orcid.org/0000-0002-1685-1657>

<sup>2</sup> Doctorando en Administración de Negocios Globales MBA. Ingeniero de Sistemas. Docente Investigador de la Universidad Autónoma del Perú, Lima, Perú, <[sixtpack@gmail.com](mailto:sixtpack@gmail.com)>

<sup>3</sup> MBA. Ingeniero de Sistemas. Docente Investigador de la Universidad Privada Peruana Alemana, Lima, Perú, <[jose.cortes.mentor@upal.edu.pe](mailto:jose.cortes.mentor@upal.edu.pe)>

<sup>4</sup> MBA. Contadora Pública. Docente Investigador de la Universidad Autónoma del Perú, Lima, Perú, <[mlopezal@autonoma.edu.pe](mailto:mlopezal@autonoma.edu.pe)>, <https://orcid.org/0000-0002-6896-1268>

<sup>5</sup> Doctorando en Administración de Negocios Globales. Magíster en Ingeniería Industrial. Ingeniero de Sistemas. Docente Investigador, Lima, Perú, [mj.herradag.2205@gmail.com](mailto:mj.herradag.2205@gmail.com).

## INDUSTRIAL

de casos presentes en 112 países fuera de China, la OMS declaró la ESPII por Covid-19 como Pandemia, lo que constituyó la primera pandemia ocasionada por un coronavirus) [2].

En el continente americano se confirmó el primer caso de Covid-19 el 20 de enero de 2020 en Estados Unidos. Posteriormente, Brasil informó la aparición de su primer caso el 26 de febrero. A partir de este momento el virus se diseminó en todos los países de América [3]. En Perú, se confirmó el primer caso el 5 de marzo de 2020 en una persona con antecedentes de viajes a España, Francia y República Checa. A partir de allí, hasta la actualidad, en el territorio peruano se han detectado aproximadamente dos millones y medio de casos positivos al Covid-19 [4].

A nivel mundial, hasta el 24 de abril de 2022, se han confirmado más de 500 millones de casos de Covid-19 y alrededor de 6 millones de fallecimientos por su causa. Sin embargo, la cantidad de nuevos casos y muertes viene disminuyendo desde marzo de 2022 [5].

En el ámbito financiero, la pandemia de Covid-19 afectó a los mercados bursátiles a nivel mundial. A mediados de febrero del mencionado 2020, los mercados e índices bursátiles empezaron a sentir los efectos del pánico, pues cayeron más de 33% en promedio a nivel global [6]. Los efectos del virus se emparentaron, en gravedad, a los de la crisis financiera de 2008; sin embargo, se logró la recuperación de los mercados a través de las inyecciones de liquidez de los Bancos Centrales del mundo, con la finalidad de disminuir los efectos de la crisis sanitaria sobre la economía mundial.

De acuerdo a estas evidencias se hace necesario preguntarse cómo impactó la pandemia de Covid-19 a la Bolsa de Valores de Lima. En ese sentido, el presente estudio buscará determinar las diferentes consecuencias del Covid-19 sobre el desarrollo de la actividad bursátil en Perú.

## 2. DESARROLLO

Como consecuencia de la caracterización del Covid-19 como una pandemia por la OMS, los mercados financieros y las bolsas de valores sufrieron una caída significativa a nivel mundial. De acuerdo con el informe del Institute of International Finance (IIF), el surgimiento de esta pandemia ocasionó la caída sin precedentes de las bolsas de valores a nivel global y causó que desde el mes enero hasta marzo de 2020 se perdieran USD 18 billones en los mercados de acciones de todo el mundo [7].

Con relación al Perú, la bolsa de valores sufrió una caída significativa. Su valor más elevado fue el 20 de enero de 2020 con 20.737,74 puntos, tal como se observa en la figura 1. A partir de ese momento, tuvo un descenso constante hasta el 3 de abril de 2020, cuando su valor llegó a 13.538,78, lo que representó una disminución de 34.70% en promedio. En el presente, ha tenido una recuperación de 14% aproximadamente. Esta recuperación ha sido más rápida, si se la compara con el resto de los países de Latinoamérica gracias a las estrategias llevadas a cabo por el gobierno peruano [6] [8].



**Figura 1.** Evolución mensual del índice S&P Lima General desde 2019 al 2020  
Fuente: Investing.com (2022)

Al respecto, es importante indicar que, en el año 2020, desde principios de febrero hasta la mitad de mayo, el mercado bursátil en Perú fue experimentando descensos que desestabilizaron los índices bursátiles más significativos. Estos retrocedieron de forma marginal; entre ellos, el Índice General de la Bolsa de Valores de Lima (IGBVL) disminuyó en un 17.42% en el año 2020; asimismo, el Índice Selectivo de la Bolsa de Valores de Lima (ISBVL), constituido por las 25 acciones más sólidas del mercado, bajó en 15.32% [9].

La acumulación de rendimientos negativos de los índices correspondientes a las bolsas más importantes del mundo durante el año 2020 fue una de las causas fundamentales en la caída de dichos mercados, entre ellas el S&P 500 (-3.08), FTSE 100 (-16.21) y Nikkei 225 (-4.68). Esto fue consecuencia de la ola de pánico que invadió a los inversionistas con respecto a la propagación del virus en el mundo [9]. Asimismo, se produjo una tensión por el descenso de los precios de los commodities más importantes, como el petróleo y sus indicadores Brent y WIT, por la ausencia de consenso entre la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y Rusia para la reducción de la producción, además de la escasa demanda de combustibles a nivel mundial. Otros mercados como el de los metales básicos, entre ellos el cobre o el zinc, también sufrieron una drástica caída de la demanda como consecuencia de la interrupción de las actividades económicas en todo el mundo.

Con respecto a los sectores económicos más importantes de Perú, se presentan a continuación los efectos de la pandemia de Covid-19 de acuerdo con los informes elaborados por el Instituto

Peruano de Economía (IPE) durante julio de 2020.

1. Sector agropecuario: la producción y distribución de productos agrícolas estuvo permitida desde que comenzó la pandemia, con el objetivo de asegurar la oferta de alimentos en el país. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (MINAGRI), la circulación diaria de alimentos en los mercados más relevantes fue aproximadamente de 9 mil toneladas [10].
2. Sector pesquero: la actividad pesquera también fue permitida desde el comienzo de la pandemia, igualmente con la finalidad de asegurar los productos esenciales para la alimentación de la población. No obstante, este sector estuvo restringido por factores operativos que perjudicaron a los pescadores artesanales e industriales, así como por la disminución de la demanda debido al cierre de restaurantes y hoteles. En consecuencia, el consumo de productos del mar disminuyó en 27% en el mes de marzo y 53% en abril comparándola con el año 2019 [10].
3. Sector minero: las limitaciones operativas condujeron a la paralización de las unidades mineras, además el aislamiento social disminuyó el flujo de inversiones en los proyectos mineros. Por lo tanto, el sector minero redujo su producción según una tasa interanual de 23% en marzo y 47% en abril de 2020. El descenso de abril representa la más grande caída según datos históricos [10].
4. Sector de hidrocarburos: este sector fue uno de los más afectados debido a la disminución de la demanda interna y la baja de los precios internacionales del petróleo. Estos factores contribuyeron a la reducción de la producción de forma drástica y pusieron en peligro las operaciones de un grupo de pozos petroleros en Perú. Por su parte, la producción de gas natural disminuyó en un promedio de 1.230 millones de pies cúbicos (mpc) diarios a inicios de marzo, a un promedio de 772 mpc diarios hasta finales de mayo [10]. Sector manufacturero: este sector abarca la manufactura primaria dedicada al procesamiento y conservación de alimentos. En este sentido, la manufactura de alimentos congelados y de conservas disminuyó por la baja disponibilidad de alimentos para procesar, así como por las limitaciones operativas para evitar el contagio de Covid-19. En cuanto a la manufactura no primaria, la misma se vio afectada de forma radical, entre ellas las industrias del plástico, metalmecánica y textiles que soportaron un cierre total [10].
5. Sector comercio: al inicio de la pandemia, solo se consintió la operación de empresas relacionadas con la distribución y venta de productos esenciales como alimentos y medicinas, por lo que los supermercados, farmacias y bodegas fueron los únicos autorizados a operar. Igualmente, los mercados y centros de abastecimiento siguieron trabajando; sin embargo, el sector comercial experimentó una reducción de 22% en marzo y 65% en abril, en comparación con el año anterior [10].
6. Sector financiero: durante el estado de emergencia, fueron excluidos de la paralización las entidades financieras, de seguros y pensiones con la finalidad de viabilizar las ayudas otorgadas por el gobierno peruano a través de transferencias a las personas afectadas por el virus. Además, durante la cuarentena se establecieron diferentes medidas referidas al sistema financiero del país [10].
7. Sector turismo: esta fue una de las actividades económicas más afectadas por la pandemia. De acuerdo con el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), desde enero hasta mayo de 2020, el sector cayó en 54% [10].

## INDUSTRIAL

8. Sector de telecomunicaciones: las actividades a distancia impactaron en la demanda de los servicios de telecomunicaciones. En este sentido, de acuerdo al Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), del 8 al 14 de junio de 2020, hubo un aumento en el tráfico de datos a nivel distrital, debido principalmente al aislamiento social. Los distritos con mayor tráfico fueron Santa Rosa (34.0%), La Perla (25.6%) y Carabayllo (25.5%), mientras que otros distritos tuvieron un descenso, entre ellos San Isidro (-40.1%), Miraflores (-25.3%), Lince (-23.6%) y Cercado de Lima (-22.19%). De igual manera, el uso de internet fijo y móvil aumentó considerablemente en 25.0% y 16.5%, respectivamente, en comparación con la semana del 9 al 15 de marzo. Asimismo, el uso de redes fijas y redes sociales aumentó significativamente, entre ellas Whatsapp, Tik Tok y Facebook, en 202.1%, 293.4% y 259.6%, respectivamente [10].
9. Sector bursátil: en este rubro, la pandemia de Covid-19 afectó de tal manera las actividades de las bolsas de valores, que es comparable con la crisis de 1929 o con la caída de los precios del petróleo en 2008 [6].

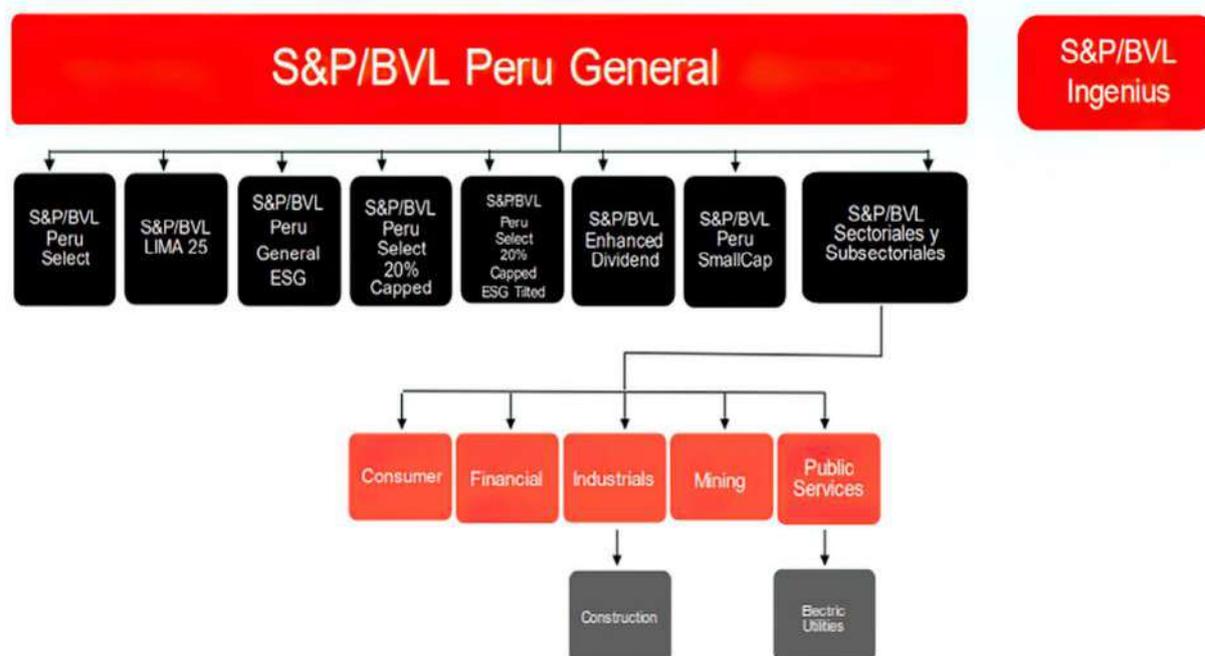
En síntesis, la contracción de los mercados fue un efecto más importante y severo de la paralización de la economía global. No obstante, es complejo determinar en qué momento habrá una recuperación total de los mismos, puesto que se debe regresar a los mismos indicadores de demanda de bienes y servicios que se tenían previo a la emergencia sanitaria por Covid-19.

Revisando los datos históricos de la actividad bursátil en Perú, es importante destacar que el mercado de valores tuvo sus inicios en la denominada Bolsa de Comercio de Lima, empresa que fue promovida por el presidente de Perú, Ramón Castilla, y que comenzó sus operaciones el 7 de enero de 1861. Finalmente, en 1971, de acuerdo al decreto legislativo 861 (Ley del Mercado de Valores), comenzó sus operaciones la Bolsa de Valores de Lima, bajo la supervisión de la Comisión Nacional de Empresa y Valores CONASEV, denominada actualmente Superintendencia del Mercado de Valores (SMV) [9].

En líneas generales, la actividad bursátil se inició en Perú con la creación de la SMV a través de la Ley 17020, promulgada el 29 de mayo de 1968, que en ese entonces se denominó Comisión Nacional de Valores mediante la ley 18302 el 03 de junio de 1970. La Comisión Nacional de Valores fue un organismo público descentralizado del sector económico y cuyas funciones incluían el estudio, regulación y supervisión de los mercados de valores y todas las actividades relacionadas en Perú. Las responsabilidades de la Comisión Nacional de Valores fueron aumentadas posteriormente a través de diversas normas. Las siguientes fueron las más destacadas: Decreto Ley 19648 del 7 de diciembre de 1972, que se modificó sus funciones y su denominación a Comisión Nacional Supervisora de Empresas y Valores (CONASEV); Decreto Ley 21907 del 7 de agosto de 1977, que responsabilizó a la CONASEV de supervisar las empresas administradoras de fondos colectivos; y la Ley 26361 del 30 de septiembre de 1994, la cual otorgó a la CONASEV la función de supervisar las actividades y los agentes participantes de dicho mercado. Además, por medio del Decreto Ley 29782 del 28 de julio de 2011, se cambió la denominación de la CONASEV por Superintendencia del Mercado de Valores (SMV) [11].

En otras palabras, la SMV es un instituto cuyo objetivo es cuidar a los inversionistas que participan en el mercado bursátil peruano, asimismo verificar la eficiencia y transparencia del mismo, mediante la apropiada formación de precios y divulgación de la información requerida para tal fin. Es un organismo que depende del Ministerio de Economía y Finanzas. Además, posee autonomía en su funcionamiento desde el punto de vista administrativo, económico y técnico.

Por otro lado, la Bolsa de Valores de Lima se caracteriza por ser una empresa privada, bajo la modalidad de sociedad anónima, cuyas acciones se encuentran en el mercado de valores y forma parte del Índice S&P/BVL Perú General. El objetivo más importante de la BVL es permitir las negociaciones de valores, a través de servicios y mecanismos donde funge como intermediaria de forma justa, eficiente y transparente [9]. La BVL brinda servicios relacionados con la negociación de acciones y valores representativos de acciones; negociación de valores extranjeros; negociación de instrumentos de deuda pública y corporativa; operaciones de reporte; préstamo bursátil de valores y segmento de capital de riesgo para mineras junior. En ese sentido, en el año 2014 la BVL hizo una alianza con la S/P Dow Jones, y crearon el índice S&P/BVL Perú Select [12], tal como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Familia de Índices S&P/BVL  
Fuente: Alianza S&P/BVL, 2021

A lo largo de los años el desarrollo de las actividades de la BVL ha sufrido diversos cambios, lo cual le ha permitido posicionarse como una de las más importantes de Latinoamérica. Uno de los cambios más destacados ocurrió en el año 2015, cuando iniciaron las operaciones de la BVL mediante una nueva plataforma digital respaldada por la Bolsa de Valores de Londres con la finalidad de ofrecer servicios más competitivos y según las exigencias del mercado a nivel mundial.

A partir del año 2020, el mercado bursátil peruano comienza a verse afectado por la pandemia de Covid-19. A pesar de que al inicio del año 2020 los indicadores fueron positivos, mientras el mercado se mantenía expectante ante esta nueva enfermedad, en marzo de ese año, la OMS declara el virus Covid-19 como una pandemia, y comenzó en Perú una cuarentena total. Al final del año 2020, la economía peruana sufrió un revés como consecuencia de la contracción de los indicadores sanitarios y la crisis política que produjo protestas en el mes de noviembre. Sin embargo, al cierre del 2020, los principales índices, el S&P/BVL Perú Select y el S&P/BVL Perú General, aumentaron en 3.76% y 1.44% respectivamente [9].

Por otra parte, los efectos sobre el sistema económico peruano se reflejaron en la producción nacional que tuvo una variación de -11.12% en el año 2020, que fue el mayor descenso en treinta años [13]. Asimismo, los sectores económicos más relevantes del país sufrieron cambios, tal como se muestra en la tabla 1.

| Sector económico                                    | Variación Anual 2020 |
|---|----------------------|
| Manufactura   | -13.36%              |
| Minería e Hidrocarburos                             | -13.16%              |
| Comercio  | -15.98%              |
| Financiero y Seguros                                | +13.67%              |
| Administración Pública, Defensa y otros             | +4.15%               |
| Telecomunicaciones y otros Servicios de Información | +4.87                |

**Tabla 1.** Variación Anual de los sectores económicos más importantes de Perú, año 2020  
Fuente: BVL (2021).

Efectivamente, uno de los sectores económicos más golpeados por el Covid-19 fue el de minería e hidrocarburos. Ese fue el caso de la empresa Southern Copper (SCCO), dedicada a la extracción, molienda y flotación de cobre,

fundición de concentrados de cobre y refinación de ánodos de cobre, entre otras actividades. El 6 de enero de 2020 el precio de cada una de sus acciones ascendía a 42.99\$, pero, para el 16 de marzo, este bajó a 25\$ la acción. Por tal motivo, SCCO tomó la decisión de disminuir el dividendo trimestral a 20 centavos de \$, como consecuencia de la emergencia sanitaria causada [9]. En la figura 3, se muestra el comportamiento de las acciones de la empresa SCCO durante el año 2020.



**Figura 3.** S&P Souther Copper noviembre 2019 hasta octubre 2020

Fuente: Investing.com (2022)

Esto demuestra que la aparición de la pandemia de Covid-19 afectó al mercado bursátil y llenó de incertidumbre y pánico a los inversionistas, situación que fue disminuyendo con el pasar de los meses. Este cambio se relacionó con las expectativas de mejora de la economía y la creación de vacunas para prevenir la enfermedad, condiciones que avivaron las esperanzas sobre la superación de la crisis.

Empero, a mediados de marzo, el ritmo de propagación del virus seguía en aumento a nivel mundial, lo que causó la preocupación de los inversionistas y fomentó una masiva venta en todas las bolsas de valores. Esta situación generó retrocesos comparables a los registrados durante la crisis económica de 2008. Por ejemplo, el S&P/BVL Perú Select, el 12 de marzo, registró su más grande caída en -9.8%. A principios de abril la caída de los índices accionarios más importantes del mercado peruano llegó a su punto más crítico durante todo el 2020, con el S&P/BVL Perú Select en -33.9%. En vista de que la situación se agravaba, los gobiernos a nivel mundial establecieron una serie de estrategias con el objetivo de mejorar la economía: recortes de referencia, paquetes de estimulación económica, entre otros, lo cual permitió la recuperación de las bolsas de valores. Para el caso de la BVL, el 13 de abril, el S&P/BVL Perú Select registró su valor más alto en el año 2020: +5.1% [14].

En el mes de mayo comenzó la restauración progresiva de la BVL. Una vez establecidos los estímulos económicos por el gobierno peruano y el restablecimiento de las actividades, se restableció la confianza de los inversionistas. Asimismo, en el mes de julio, diversas empresas farmacéuticas informaron sobre el comienzo de las pruebas de vacunas contra el Covid-19. Esta noticia impulsó los índices accionarios globales. No obstante, durante el mes de septiembre, se pausó la reactivación de las bolsas de valores a nivel global, debido al rebrote de un gran número de contagios del virus que ocasionó una nueva caída del mercado bursátil, que, a su vez, pausó recuperación de la BVL luego de 5 meses continuos en alza.

Aunado a esto, en el mes de noviembre, el mercado bursátil se vio afectado luego de que el Congreso de la República aprobara la vacancia presidencial, que causó el alza del tipo de cambio USD/PEN a S/3.641 (+2.3% en una semana). Sin embargo, la BVL se recuperó tras varios sucesos, entre ellos, la aprobación de la inclusión de la Intercorp Financial Services (IFS) dentro del índice MSCI Global Small Cap. Esta fue la cuarta acción peruana dentro del conjunto de los índices MSCI, además del nombramiento de Francisco Sagasti como presidente de Perú, lo que terminó con la inestable situación política [14].

Por lo tanto, al terminar el año 2020, algunos de los índices más importantes de la BVL lograron resultados positivos, como se observa en la tabla 2.

| Índices BVL          | Variación | Sector     | Variación | Blue chip                          | Variación |
|----------------------|-----------|------------|-----------|------------------------------------|-----------|
| S&P/BVL Peru Select  | +3.76%    | Financiero | -12.35%   | Southern Copper (SCCO)             | +55.30%   |
| S&P/BVL Peru General | +1.44%    | Industrial | -9.74%    | Volcan B (VOLCABC1)                | +16.90%   |
| S&P/BVL Lima 25      | -2.15%    | Minero     | +28.00%   | BBVA (BBVAC1)                      | -27.20%   |
| S&P/BVL IBGC         | -11.16%   |            |           | Intercorp Financial Services (IFS) | -24.40%   |

**Tabla 2.** Variación del mes de diciembre de 2020 de los Índices BVL, Sectores Económicos y Blue chip de Perú  
Fuente: BVL (2021).

Finalmente, el monto tranzado en la BVL durante el 2020 fue de 5.778,7 millones de dólares, que representa un 5.6% más que el efectuado en el año 2019. De esta cifra 3.771,2 millones de dólares pertenecen al proceso de renta variable, es decir el 65.3%; y 1.463,6 millones de dólares son del proceso de renta fija, en otras palabras, el 25.3%. Asimismo, 496.7 millones de dólares se tranzaron en segmentos de operaciones de reporte y 47.3 millones de dólares en colocación primaria, lo que constituyó el 8.6% y 0.8%, respectivamente [14].

Este comportamiento de la BVL, refleja los efectos y cambios que sufrió el mercado bursátil peruano por la pandemia de Covid-19, el mismo que pasó de un futuro prometedor a un desplome y posterior recuperación progresiva.

### 3. CONCLUSIONES

Las evidencias reflejan que la pandemia de Covid-19 trajo como consecuencia un impacto significativo en el desarrollo de las actividades del mercado bursátil peruano, específicamente en la Bolsa de Valores de Lima. La pandemia causó la paralización de las actividades económicas, debido a la cuarentena radical implementada por la mayoría de los países a nivel mundial, como una medida para restringir la propagación del virus. Asimismo, los sectores económicos más relevantes del Perú se vieron afectados, unos más que otros, entre ellos el sector comercio con un descenso de -15.98% y el sector hidrocarburos y minería con -13.16%. De igual manera, el tipo de cambio USD/PEN aumentó +2.3% en una semana, lo que afectó la economía del país de forma drástica. Estas variaciones afectaron fuertemente a la BVL y sus índices más importantes, entre ellos el S&P/BVL Perú Select que a principios de abril de 2020 llegó a -33.9%; sin embargo, a mediados del mismo mes logró recuperar su valor y llegó a +5.1%. Todo esto causado por la incertidumbre existente acerca de la propagación del virus y el aumento exponencial de los fallecimientos, lo que provocó pánico en los inversionistas y generó una ola masiva de ventas de acciones que provocaron el desplome de la BVL. A pesar de esto, a finales del año 2020, la BVL logró recuperarse de forma conservadora de la caída de sus índices, entre ellos el S&P/BVL Perú Select que para diciembre de 2020 cerró en +3.76% y el S&P/BVL Perú General en +1.44%.

### 4. RECOMENDACIONES

La aparición de la pandemia de Covid-19 reflejó que, a nivel mundial, los mercados bursátiles no están preparados para afrontar este tipo de emergencias. Por eso, se recomienda a los países prepararse mediante planes, programas y estrategias de integración entre países, sistemas económicos y financieros, que les permitan una pronta recuperación. En general, el desempeño

de las bolsas de valores se ve afectado por la dificultad o restricción en el desarrollo de actividades por parte de las empresas de las cuales son intermediarios. Por este motivo, se deben implementar estrategias o alternativas para la continuación del desarrollo económico, así como establecer alianzas para el fortalecimiento de la salud a nivel mundial, el control de enfermedades y el establecimiento de programas para el manejo de pandemias.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. C. Dávila Morán, C. G. Guanilo Pareja, C. E. Guanilo Paredes, J. L. Ruiz Nizama y E. d. C. Agüero Corzo, «La pandemia de COVID-19: Amenaza biológica versus trabajo y sociedad,» *Boletín de Marariología y Salud Ambiental*, vol. 61, n° 1, pp. 29-37, 2021.

- [2] Organización Panamericana de la Salud (OPS), «Organización Panamericana de la Salud,» [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/informes-situacion-covid-19>. [Último acceso: 17 abril 2022].
- [3] Organización Panamericana de la Salud, «Organización Panamericana de la Salud,» 12 enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.paho.org/es/respuesta-emergencia-por-covid19peru#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20el%2005,440%20349%20casos%20confirmados%2C%2020>. [Último acceso: 20 abril 2022].
- [4] Viceministerio de Salud Pública, «Ministerio de Salud de Perú,» 12 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/alertas/2020/AE011.pdf>. [Último acceso: 18 Abril 2022].
- [5] World Health Organization (WHO), «World Health Organization (WHO),» 27 abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update-on-covid-19---27-april-2022>. [Último acceso: 29 abril 2022].
- [6] B. Bellido, «Universidad de Lima,» 27 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.ulima.edu.pe/en/node/17871#:~:text=Hoy%2C%20el%20S%26P%20500%20viene,felizmente%20ha%20habido%20cierta%20recuperaci%C3%B3n..> [Último acceso: 18 abril 2022].
- [7] I. o. I. F. (IIF), «Institute of International Finance (IIF),» [En línea]. Available: <https://portaliifcom.translate.google.com/Security/MembersOnlyContentSignin?returnurl=https://www.iif.com/sso?returnurl%3D/Default.aspx?TabId%3D219%26ID%3D4431%26TheRoleofFinancialMarketsandInstitutionsDuringtheCOVID19Pandemic%26language%3Den-U>. [Último acceso: 22 abril 2022].
- [8] Investing, «Investing,» 2022. [En línea]. Available: <https://es.investing.com/-indices/lima-stock-exchange-general-historical-data>. [Último acceso: 23 abril 2022].
- [9] Bolsa de Valores de Lima (BVL), «Bolsa de Valores de Lima,» mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.bvl.com.pe/>. [Último acceso: 17 abril 2022].
- [10] Instituto Peruano de Economía (IPE), «Décimo sexto informe análisis del impacto económico del covid-19 en el Perú,» Instituto Peruano de Economía, 2020.
- [11] (SMV), Suprintendencia del Mercado de Valores, «Superintendencia del Mercado de Valores, Perú,» 30 julio 2020. [En línea]. Available: [https://www.smv.gob.pe/Frm\\_Lista\\_ProyectosSMV?data=980428AD02BE7AD71F39E0673A0987465ECEABFFC5](https://www.smv.gob.pe/Frm_Lista_ProyectosSMV?data=980428AD02BE7AD71F39E0673A0987465ECEABFFC5). [Último acceso: 19 abril 2022].
- [12] Alianza S&P/BVL, «Bolsa de Valores de Lima (BVL),» 2014. [En línea]. Available: [https://s3.us-east-1.amazonaws.com/site.documents.cdn.prod.bvl.com.pe/Presentaci%C3%B3n\\_de\\_los\\_%C3%ADndices\\_SPBVL.pdf](https://s3.us-east-1.amazonaws.com/site.documents.cdn.prod.bvl.com.pe/Presentaci%C3%B3n_de_los_%C3%ADndices_SPBVL.pdf). [Último acceso: 19 abril 2022].
- [13] Ministerio de Economía y Finanzas de Perú, «Ministerio de Economía y Finanzas de Perú,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/mef>. [Último acceso: 21 abril 2022].
- [14] Bolsa de Valores de Lima (BVL), «Bolsa de Valores de Lima,» 2021. [En línea]. Available: [https://s3.us-east-1.amazonaws.com/site.documents.cdn.prod.bvl.com.pe/-Memoria\\_2020.pdf](https://s3.us-east-1.amazonaws.com/site.documents.cdn.prod.bvl.com.pe/-Memoria_2020.pdf). [Último acceso: 23 abril 2022].



# Estudio de un aula en la URP para evitar dispersión del Virus Sars-Cov-2

## *Study of a classroom in Universidad Ricardo Palma to avoid Sars-Cov-2 spread*

María Teresa del Carmen Méndez Landa<sup>1</sup>, Irma Raquel Solís Amanzo<sup>2</sup>  
Facultad de Ingeniería, Universidad Ricardo Palma Lima, Perú

RECEPCIÓN: 14 de septiembre del 2022  
ACEPTACION: 08 de noviembre del 2022

### Resumen

Luego de más de 2 años de permanencia del virus SARS-CoV-2, las medidas sanitarias están minimizando sus consecuencias.

Las autoridades del Perú consideraron el momento de retorno a las aulas escolares y universitarias a partir de marzo del 2022, para lo cual es necesario respetar los protocolos de bioseguridad como aforo por aula, distanciamiento adecuado, uso de mascarillas y, sobre todo, buena ventilación en las aulas.

Un ambiente con mala ventilación presenta altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, lo que reduce la cantidad de oxígeno para respirar, e incrementan las exposiciones a virus respiratorios, entre ellos el SARS-CoV-2.

El estudio plantea tomar como modelo un aula de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma y analizarla en relación con las normas de bioseguridad necesarias, en especial las condiciones de ventilación natural y el aforo reglamentario.

Se propone equipar este espacio con ventilación mecánica para una adecuada oxigenación del ambiente mediante extractores de aire, sensores de temperatura, humedad relativa y sensor semáforo que indique el nivel de CO<sub>2</sub>.

Los parámetros límite para determinar la calidad del aire en un aula de clases deberán ser: 500-799 ppm Valor Aceptable (color verde); 800-999 ppm Valor Riesgoso (color ámbar) y, 1000 ppm Valor Peligroso (color rojo). Esta propuesta puede ser replicada para cualquier aula.

**Palabras clave:** calidad del aire, ventilación mecánica, dióxido de carbono, dispersión del virus SARS-Cov-

### Abstract

After more than 2 year's presence of the SARS-CoV-2 virus (COVID-19) among our citizens, sanitary measures have started mitigating its consequences.

The Peruvian authorities have considered that as of the month of March 2022 teaching must return to classrooms, both at schools and universities. To do so, we must respect the biosafety protocols established, such as: capacity of students per classroom, adequate distance, use of masks and, above all, good ventilation in classrooms. A poorly ventilated room presents high concentrations of CO<sub>2</sub> and reduced levels of oxygen available to breathe, while simultaneously increasing the risk of transmission for respiratory viruses such as SARS-CoV-2. We propose analyzing a model classroom in one of the buildings of the College of Engineering from Ricardo Palma University for its compliance of biosecurity and maximum capacity rules needed to go back to in-person classes.

We have chosen classroom B-303 because of its location relative to all other classrooms and because it complies with Peru's RNE regulations as long as doors and windows are kept open to allow for proper ventilation. We propose to set up this room with the necessary equipment to maintain proper oxygen levels as well as monitor air quality with doors closed. The proposed equipment is made up of air extractors, temperature sensors, and relative humidity and carbon dioxide sensors with a traffic lights monitoring system that indicates the level of carbon dioxide to maintain adequate ventilation of the environment. The limit parameters defined for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) to determine the quality of the air in a classroom will be: 500-799 ppm Acceptable Value (green color); 800-999 ppm Dangerous Value (amber color) and 1000 ppm Highly Dangerous Value (red color). This proposal can be replicated in any other classroom.

**Keywords:** air quality, mechanical ventilation, carbon dioxide, dispersion of the SARS-Cov-2 virus

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del mes de marzo del 2019, en el Perú, se dispusieron una serie de medidas de bioseguridad por la llegada del coronavirus (COVID-19) que ocasionaron el colapso de los sistemas sanitario, económico y

educativo. Esta situación exigió buscar medidas urgentes a fin de continuar nuestro quehacer diario. Luego de 2 años de pandemia, las medidas sanitarias han ido minimizando las consecuencias del virus, y las autoridades del país han considerado apropiado el regreso a las aulas tanto escolares como universitarias. Sin embargo, todavía existe el riesgo de las diferentes variantes del virus como Alfa, Beta, Gamma, Delta y Ómicron, . Indican los expertos [1] que estas nuevas variantes son mucho más contagiosas que el virus original. Por consiguiente, con la reincorporación a las actividades educativas presenciales se presenta un riesgo respecto a la infraestructura educativa, que, en muchos casos, por características climáticas de su ubicación, carecen de adecuadas condiciones de confort, sobre todo calidad ambiental, lo que pone en riesgo la salud de los estudiantes y docentes.

En algunos países que han retomado la educación presencial, se plantearon directivas para acondicionar los ambientes respectivos y minimizar el riesgo de contagio. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha dado pautas para la reapertura de las escuelas de acuerdo al nivel de transmisión del virus por distritos o regiones [2]. Sin embargo, en nuestro país es difícil pensar en una modificación de la infraestructura educativa para brindar estas condiciones de confort y calidad ambiental, imprescindibles para el regreso a clases, por el costo y tiempo que demandará su implementación. Por este motivo, el gobierno peruano ha planteado la modificación de la Norma 048-2022-MINEDU [3] para cumplir con los protocolos de bioseguridad y, sobre todo, con una buena ventilación en las aulas.

Es posible cumplir con este último requerimiento adecuando la infraestructura existente, a menor costo y tiempo, mediante un sistema de ventilación mecánica que monitoree permanentemente la calidad del aire. Con este fin se analizó un aula de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma en relación con las normas de bioseguridad nacionales e internacionales [3] y [6], y al Reglamento Nacional de Edificaciones [5] y [8], y se propone su implementación con equipos de ventilación mecánica y monitoreo de la calidad del aire interno, basados en la Guía Normativa Española [7], a fin de mantener una adecuada oxigenación del ambiente.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha tomado como modelo el aula B-303 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma para analizar sus características físicas, ventilación natural y capacidad de personas para, posteriormente, plantear las medidas de bioseguridad que se requieren para un reinicio de clases que garantice el aforo y los equipos necesarios para una adecuada ventilación del ambiente. El aula B-303 se encuentra en las peores condiciones de ubicación, puesto que tiene un bloque de aulas al frente que minimizan el ingreso de aire exterior.

La investigación ha tomado como referencia el estudio realizado por el Harvard-Healthy-Buildings-program de la Universidad de Harvard [6], entre otros.

En la figura 1 se observa la vista de planta del tercer piso del Pabellón B de la Universidad Ricardo Palma (Facultad de Ingeniería), donde se ubica el aula a analizar.

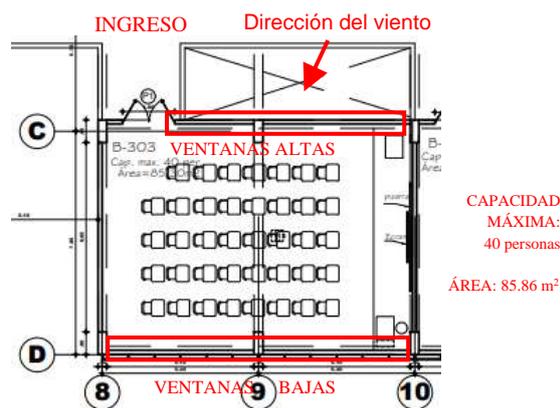


Figura 2 Pabellón B Facultad de Ingeniería Aula B-303

En cuanto al ambiente a trabajar, el Aula B-303 (figura 2), se encuentra ubicado en el lado Norte del Pabellón. Cuenta con un área de  $85.86\text{m}^2$  y, en condiciones normales, con un aforo de 40 personas. Las dimensiones internas del aula son 10.80m de largo y 7.95m de ancho.

## INDUSTRIAL

Respecto a la iluminación natural y ventilación, el aula cuenta con ventanas bajas colocadas hacia el lado norte y, con ventanas altas y puerta de acceso hacia el lado sur que se orientan hacia el pasillo.

### 2. RESULTADOS

#### 3.1 Cálculo de la ventilación natural del aula B-303 con ventanas y puertas abiertas:

##### *Ventanas Bajas*

Dimensiones de abertura de ventana baja: 1.29x0.82

Nº de aberturas de ventanas del lado Norte del Aula B-303: 4

Área de ventilación por abertura de ventanas bajas:  $4 \times 1.29 \times 0.82 = 4.23 \text{ m}^2$

##### *Ventanas Altas*

Dimensiones de abertura de ventana alta: 0.78x0.92

Nº de aberturas de ventanas del lado Sur del Aula B303: 3

Área de ventilación por abertura de ventanas altas  $3 \times 0.78 \times 0.92 = 2.15 \text{ m}^2$

##### *Puertas*

Área de ventilación por abertura de puertas:  $1.80 \times 2.10 = 3.78 \text{ m}^2$

Según la Norma A.010 RNE [5]

Artículo 52.- Los elementos de ventilación de los ambientes deberán tener los siguientes requisitos:

a) *El área de abertura del vano hacia el exterior no será inferior al 5% de la superficie de la habitación que se ventila.*

- Cálculo de la ventilación natural del aula B-303 según Norma A.010

Área del Aula:  $85.86 \text{ m}^2$

5% de  $85.86 = 4.29 \text{ m}^2$

Verificación de área de ventilación del Aula B-303 respecto a la Norma A.010 [5]

Área de ventilación natural  $10.16 \text{ m}^2 > \text{Área de ventilación RNE } 4.29 \text{ m}^2$

El área de ventilación cumple con la Norma A.010 RNE siempre y cuando todas las ventanas se encuentren abiertas.

#### 3.2 Cálculo de volumen de aire para ventilación mecánica

Área del aula modelo  $85.86 \text{ m}^2$

Largo 10.80 m

Ancho 7.95 m

Alto 3.28 m

Volumen de aire del aula  $281.62 \text{ m}^3$

*La extracción se debe considerar entre 7 y 10 veces más que el volumen*

Capacidad de aire:  $281.62 \times 10 = 2816 \text{ m}^3/\text{h}$

Capacidad del extractor:  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  entonces:

$60/500 \times 281.62 = 33.79$

El aula se ventilará totalmente en 34 minutos.

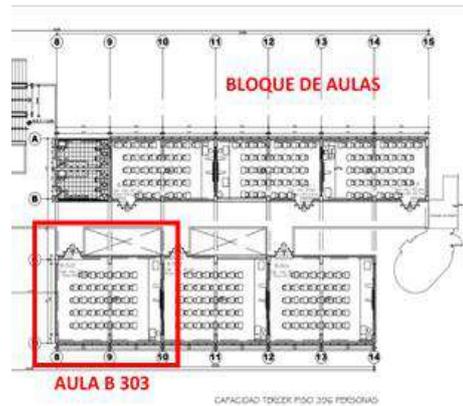


Figura 3 Aula B303 dentro del Pabellón  
Fuente: Universidad Ricardo Palma

### 3.3 Sensores

Dispositivos empleados para captar variaciones o alteraciones de su entorno, en este caso el CO<sub>2</sub> del aire, que serán de gran apoyo en el cumplimiento de las medidas de bioseguridad.

#### 3.3.1 Sensor de CO<sub>2</sub>

Puesto que la concentración de CO<sub>2</sub> está directamente relacionada con el índice de ventilación del ambiente, así como con el número de personas, *la medición del CO<sub>2</sub> en el interior del aula indicará el IQA (Índice de Calidad del Aire).*

El aula deberá implementarse con un *sensor tipo semáforo*. El color rojo alertará la urgencia de ventilación del ambiente, y *los niveles de concentración del CO<sub>2</sub> se registrarán en partes por millón (ppm).*

Valor de concentración de CO<sub>2</sub> para el exterior: 420 -450 ppm, por lo que consideramos los siguientes valores:

- Verde 500-799 ppm valor aceptable
- Ámbar 800-999 ppm habría que ventilar
- Rojo 1000 ppm ventilar de inmediato y/o mala ventilación.

#### Ubicación del sensor de CO<sub>2</sub>

Se deberán considerar los siguientes valores respecto al entorno:

Altura: 1 m de personas sentadas

Distancia horizontal: 1 m de la zona de respiración de cualquier persona.

#### Funcionamiento del sensor de CO<sub>2</sub>

El sistema de funcionamiento del medidor de CO<sub>2</sub> deberá ser por infrarrojos, basado en el principio de absorción de energía de los compuestos a una determinada longitud de onda. El sensor deberá contar con un emisor y un receptor de luz que envía y recibe, respectivamente, un haz con la longitud de onda de

absorción de CO<sub>2</sub>. Este es atenuado de manera proporcional a la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en el aire que se está analizando.

### 3.3.2 Sensor combinado de temperatura y humedad relativa

Los sensores de temperatura y humedad garantizan la calidad del aire de interiores (IAQ) e indican los estándares de comodidad de las personas en interiores y un ambiente interior saludable.

La humedad relativa interior fuera del rango entre el 35 a 65 % puede causar efectos adversos sobre la salud:  
 HR > 80% y la temperatura >25°C.  
 HR < 35%

La Normatividad Española [6] (véase el cuadro 1) indica las condiciones interiores de diseño. El sensor combinado de temperatura y humedad relativa HVAC (figura 6) realiza la indicación visual de la temperatura a través de los indicadores LED de colores: verde, amarillo y rojo. El LED verde indica la temperatura dentro de los rangos normales.



**Figura 4.** Sensor combinado de temperatura y humedad relativa. Fuente: HVAC

Cuando la temperatura llega a un nivel de alerta se enciende el LED amarillo. La activación del LED rojo significa que la temperatura está muy baja o alta. De la misma manera es la señalización de la humedad relativa. La transmisión de los datos de temperatura, humedad relativa y luz ambiental se realizará mediante el empleo del sistema MODBUS RTU.

Debe contar con conectores sin tornillos, para un enrutamiento más seguro y una conexión estable para cables sólidos o trenzados.

Tensión de alimentación: 24 VDC o 24 VAC. Conexión de 3 hilos.

El sensor no requiere configuración; una vez instalado está listo para usar. Los ajustes de fábrica se pueden modificar a través de la comunicación Modbus RTU. Se puede elegir un tipo de salida dependiendo de la entrada del dispositivo, que se controlará: 0-10 VDC / 0-20 mA / 0-100 % PWM / Modbus RTU.

La intensidad de los indicadores LED es ajustable.

### 3.4 Cálculo del aforo para medidas de bioseguridad

- Según la Norma A.040 RNE [8], Artículo 13, ítem 13.2, se considera para Aulas 1.5 m<sup>2</sup>/persona  
 Área de aula: 85.86 m<sup>2</sup>

Área de ocupación: 60m<sup>2</sup>

Área de circulación: 25.86 m<sup>2</sup>

Capacidad máxima en condiciones normales:

$$60\text{m}^2 / 1.5\text{m}^2/\text{persona} = 40 \text{ personas (URP)}$$

- Según RM N° 121-2021-MINEDU [9] “...el aforo es calculado dividiendo el área total de la superficie útil transitable del ambiente entre el área mínima ocupada por persona para asegurar el distanciamiento físico de dos metros hacia cada lado (en este caso, 4m<sup>2</sup> por persona) ...”

Área de aula: 85.30 m<sup>2</sup>

Área de ocupación: 60m<sup>2</sup>

Área de circulación: 25.86 m<sup>2</sup>

Capacidad máxima según MINEDU:

60 m<sup>2</sup>/ 4m<sup>2</sup>/persona = 15 personas

Según las normas específicas de educación para aulas [9]:

1.20 m<sup>2</sup>/alumno

60 m<sup>2</sup>/ 3m<sup>2</sup>/persona = 20 personas

### 3. DISCUSIÓN

Habiéndose analizado el Aula B-303 respecto a las Normas de Bioseguridad nacionales (MINEDU e INS) [3, 4], e Internacionales [6, 7] así como del Reglamento Nacional de Edificaciones [5, 8] se obtuvo que: En el Aula B-303, el área de ventilación natural con la que cuenta (10.16 m<sup>2</sup>) excede en más del doble el solicitado por la *Norma A.010* [5] RNE que, para la misma área, solamente solicita 4.29 m<sup>2</sup>. Este requerimiento es efectivo dentro de las medidas de bioseguridad siempre y cuando las ventanas y puertas permanezcan siempre abiertas, lo que no va a ocurrir de manera permanente debido al clima frío y húmedo de la ciudad de Lima.

MINEDU [3] y Harvard Healthy Buildings program [6] mencionan que, en caso de que la ventilación natural del ambiente no sea permanente, se debe plantear ventilación mecánica y evitar el uso de ventiladores y/o aire acondicionado. Por eso, se recomienda la implementación de 2 extractores de aire tanto para ingreso de aire exterior como para expulsión del aire contaminado, para complementar la ventilación natural del aula. Para facilitar el control de la ventilación en el Aula B-303, esta deberá contar con un sensor de medición de CO<sub>2</sub> tipo semáforo que alerte el momento en que se requiera incrementar la ventilación mediante puertas y ventanas abiertas.

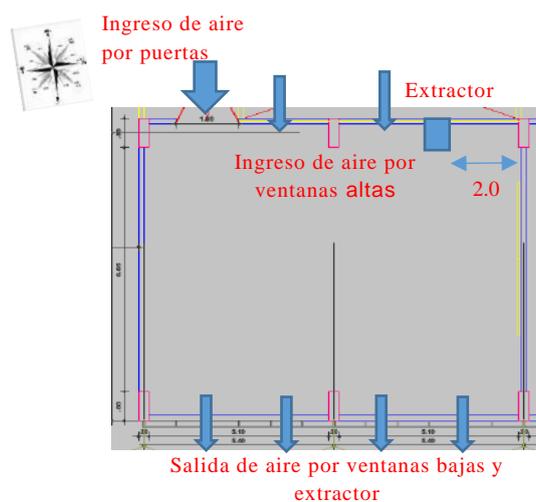


Figura 5 Propuesta para Aula B-303

Fuente: Propia

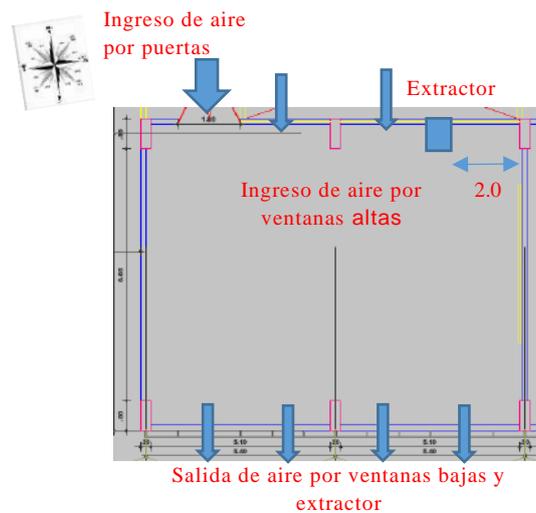


Figura 10 Propuesta para Aula B-303  
Fuente: Propia

## 5. CONCLUSIONES

- La ventilación natural del aula modelo, a pesar de que cumple con la *Norma A.010 del RNE* [5] para cumplir con las normas de bioseguridad, requiere contar con un sistema de ventilación mecánica y asistido por un sistema de monitoreo del índice de calidad del aire interno (ICA), mediante sensores de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa. Estos dispositivos son el mejor indicador para la renovación del aire y por lo tanto la prevención de la expansión del COVID-19.
- El aula modelo B-303 debe contar con ventilación mecánica por sobrepresión, puesto que se encuentra frente a las aulas B-308, B-309 y B310, que obstaculizan el ingreso del aire exterior.

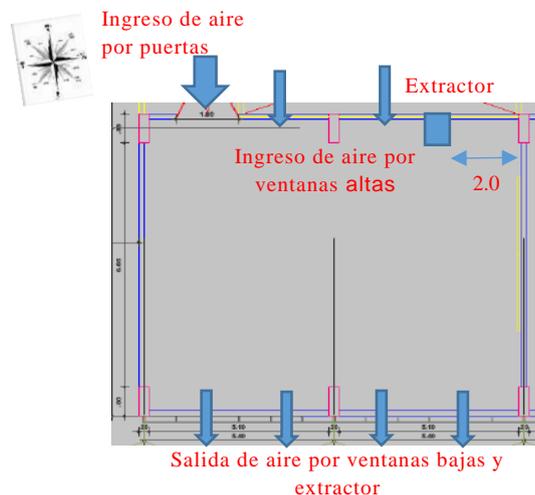


Figura 5 Propuesta para Aula B-303  
Fuente: Propia

- En cuanto al aforo requerido para las medidas de bioseguridad se considera lo especificado por la norma del RNE [8] para aulas de 1.20 m<sup>2</sup>/alumno que establece una capacidad máxima de 20 alumnos para un área de 85.86 m<sup>2</sup> (véase la Figura 10).

## RECOMENDACIONES

- Los sensores de temperatura y presión relativa monitorizan el aforo de un local, y constituyen un buen complemento de los sensores del CO<sub>2</sub>. Los niveles muy altos o bajos de humedad crean las condiciones adecuadas para que el virus sobreviva por más tiempo, por lo que indicará la urgencia de la ventilación.
- Para el reinicio de clases, es imprescindible considerar el enfoque estratificado que plantea el CDC MINSA (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) para reducir las exposiciones al SARS-CoV-2, como mejorar la ventilación, el distanciamiento físico, el uso de mascarillas, el lavado de manos y la vacunación.

## 6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plataforma digital única del Estado Peruano. Coronavirus: variantes de la COVID-19 detectadas en el Perú.  
<https://www.gob.pe/12548coronavirus-variantes-de-la-covid-19detectadas-en-el-peru>
- [2] Organización Mundial de la Salud, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020) Consideraciones para las medidas de salud pública relacionadas con la escuela en el contexto de la COVID-19: anexo a las consideraciones para ajustar las medidas sociales y de salud pública en el contexto de la COVID-19, 14 de septiembre de 2020. Organización Mundial de la Salud. Fecha de acceso 15-02-2022  
 Disponible en:  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/334294>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [3] MINEDU (2022). Modificación de norma de retorno a la presencialidad Año Escolar 2022. RM 048-2022-MINEDU.
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. INS (2021). Efecto de las estrategias de reapertura de escuelas en la transmisión de SARS-CoV-2 en niños y adolescentes. Serie Revisiones Rápidas N°06-2021 INS. Lima, Perú. (agosto 2021).
- [5] Reglamento Nacional de Edificaciones–RNE. VIVIENDA (2021). Condiciones Generales de Diseño. Capítulo X Requisitos de Ventilación y Acondicionamiento Ambiental.
- [6] Allen J., Spengler J., Jones E., Cedeno-Laurent J. (2020) Guía en 5 pasos para medir la tasa de renovación de aire en aulas. Harvard Healthy Buildings program [www.ForHealth.org](http://www.ForHealth.org). Fecha de acceso: 15-02-2022. Disponible en: <https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/10/Harvard-Healthy-Buildings-program-How-to-assess-classroom-ventilation-10-30-2020-ES.pdf>
- [7] IDAEA-CSIC (2020) Guía para ventilación en aulas. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, Mesura. España. Fecha de acceso 15-02-2022. Disponible en: [https://www.csic.es/sites/default/files/guia\\_para\\_ventilacion\\_en\\_aulas\\_csic-mesura.pdf](https://www.csic.es/sites/default/files/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic-mesura.pdf)
- [8] Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE. VIVIENDA (2020). Educación, Numeral III.1 Arquitectura, del Título III Edificaciones, D.S. N° 011-2006-VIVIENDA Resolución Ministerial n° 068-2020-Vivienda. (Modificatoria marzo del 2020).

[9] MINEDU (2021) RM N° 121-2021-MINEDU.pdf pp. 41-43 Revisado: 30-1-2022. Disponible en:  
[https://cdn.www.gob.pe › uploads › document › file](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file)



# Las TICs como parte del proceso de auditoría

## *ICTs as part of the Audit Process*

Augusto P. Cortez Vásquez<sup>1</sup>, Ronald U. García Conde<sup>2</sup>,  
Manuel B. Cortez Vásquez<sup>3</sup>

RECIBIDO: 22 de Julio del 2022  
ACEPTADO: 04 de noviembre del 2022

### Resumen

El cambio constante ocurre tanto en nuestra mente como en nuestro medio, y nos hace cada vez más sensibles frente a ello. Estos cambios pueden dar lugar a acciones erradas que deben ser corregidas mediante acciones de auditoría. Basta con observar alrededor nuestro para confirmar que los avances tecnológicos han revolucionado todos los sectores y han generado que los procesos de auditoría estén en permanente evolución. Las tecnologías de información, así, constituyen la piedra angular para lograr el éxito de las empresas. La auditoría cobra mayor relevancia si consideramos que, al mismo tiempo que aparecen nuevas tecnologías en el mercado, se incrementan las decisiones no acertadas que ponen en riesgo la información que constituye uno de los activos más importantes de toda organización. Preocupa, entonces, a las empresas, cada vez más, el incremento de la vulnerabilidad de sus sistemas y los riesgos a los que se someten. El presente trabajo busca contextualizar el proceso de **auditoría** informática que identifique las debilidades de la seguridad de los sistemas informáticos de la empresa, y se proponen acciones con el propósito de reducir las implicancias.

**Palabras claves:** auditoría, estándares, evidencia, riesgos, Tecnología de Información y Comunicación, auditoría informática

### Abstract

The acceleration of change takes place both in our minds and in our environment, making us increasingly sensitive to it. These changes may lead to erroneous actions that must be corrected through audit actions. It is enough to look around us and confirm that it is a reality, technological advances have revolutionized all sectors, thus generating audit processes that are in permanent evolution; Today, information technologies are the cornerstone for the success of companies. The audit becomes more relevant, if we consider that, at the same time that new technologies appear on the market, incorrect decisions are increasing that put "information" at risk, which constitutes one of the most important assets of any organization. Therefore, companies are increasingly concerned about the increase in the vulnerabilities of their systems and the risks to which they are subjected. The present work seeks to contextualize the IT audit process by identifying the weaknesses in aspects of the security of the company's IT systems,

undertaking actions with the purpose of reducing the implications.

**Keywords:** Audit, standards, evidence, risks, Information Technology and communications, computer audit.

---

<sup>1</sup> Forma parte del **grupo de investigación Biomedical de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos** (UNMSM), y del Departamento de Ciencias de la Computación. <[acortezv@unmsm.edu.pe](mailto:acortezv@unmsm.edu.pe)>, <[cortez\\_augusto@yahoo.fr](mailto:cortez_augusto@yahoo.fr)>

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú.

<sup>3</sup> Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima, Perú.

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio siempre ha sido acelerado, eso no es ninguna novedad, y no podemos reclamar singularidad al respecto. El mundo empresarial no es la excepción y en este cambio la tecnología de las comunicaciones ha logrado ocupar un lugar preponderante en toda organización. Esto nos lleva a dilucidar la necesidad de tener la información organizada y sistematizada de acuerdo con los avances tecnológicos y convertirla en una herramienta indispensable dentro del mundo actual. Sin embargo, los avances tecnológicos constituyen un medio al mismo tiempo que una herramienta que modifica, no solo la gestión de los negocios, sino incluso la gestión en que la auditoría aborda los riesgos y controles. Existen diferentes situaciones o escenarios que conducen a trabajar de formas diferentes, por lo que el nivel de riesgo en cada situación particular puede variar. La función auditora puede enfocarse en la realización de los procesos convencionales de aseguramiento y convertirse en un vínculo entre la estrategia de la organización y los equipos que han de lograrla, con el propósito de ampliar las capacidades, mejorar la eficiencia, gestionar riesgos principales y dedicarse a actividades que agreguen valor.

El uso de tecnología para el manejo de información causa un impacto en todas las profesiones. Este impacto puede variar dependiendo de la percepción y el criterio de las personas. Por eso, es necesario que el auditor complemente su labor con dichas herramientas innovadoras de tecnología. El ritmo actual del cambio es tan rápido que las malas decisiones ejecutadas, como los retrasos para responder, pueden provocar altos costos. El impacto del uso de las TICs para la optimización de sus procesos ha propiciado establecer técnicas dentro de una revisión de auditoría, de tal forma que se fomente la confianza en el correcto uso de la tecnología, lo que repercute favorablemente en el ambiente de control y en los registros contables financieros (Morales, 2019).

El presente artículo pretende articular conceptos necesarios para cumplir los objetivos de la auditoría informática, lo cual incluye la utilización eficiente y analítica de la eficiencia de los diversos sistemas informáticos, verificar el cumplimiento de la Normativa vigente y pertinente. El propósito es contribuir a la calidad del proceso de auditoría.

Conscientes de que la información digital constituye un ingrediente fundamental dentro de las organizaciones, resulta imperativo programar auditorías a los sistemas de información y comunicación con mayor frecuencia para llevar un control y así obtener la confiabilidad en los sistemas y contar con niveles de seguridad aceptables. Para realizar correctamente el proceso de auditoría a las TIC, es necesario comprender bien los conceptos de sistemas, información y tecnologías de las comunicaciones, e involucrarse en el entorno informático para garantizar que el auditor juzgue la naturaleza de la problemática e identifique los riesgos que enfrentará al planificar y realizar la auditoría (Yañez, 2015).

El Foro Económico Mundial se pronunció mediante un informe del año 2019 sobre los riesgos globales y los clasificó en económico, ambiental, geopolítico, social, y tecnológico. Existen riesgos tecnológicos dentro de los top 10 en cuanto a su probabilidad e impacto. La cuarta posición es ocupada por el riesgo de fraude o robo de datos, y en la quinta posición el riesgo de ciberataques.

Considerando el impacto, aparecen el riesgo de ciberataques, y el riesgo de caída de infraestructura de información crítica en las posiciones séptima y octava, respectivamente.

A partir de este ranking, se infiere que los riesgos tecnológicos mencionados son críticos para las empresas y deben ser considerados para gestionarlos adecuadamente.

Se han realizado algunas estadísticas entre las que destaca el Informe de Ciberseguridad (2019) elaborado por ISACA, resultado de una encuesta aplicada a altos directivos de instituciones de la ciberseguridad a nivel

mundial. En este documento, encabeza la lista el **phishing** (44%), el **malware** (31%) y la **ingeniería social** (27%). Estos indicadores han causado gran preocupación en las empresas en el área de **ciberseguridad** (Audiconsulti, 2019).

De lo anteriormente expuesto, se infiere la necesidad de realizar periódicas auditorías informáticas, los cuales minimizan los riesgos tecnológicos y evitan poner en peligro la información de la organización.

No hay duda de que, al momento de elegir el auditor, debe asegurarse de que tenga la capacidad de implementar procedimientos, verificar rigurosamente los recursos tecnológicos de comunicación, garantizar la confidencialidad, integridad, disponibilidad, y confiabilidad de la información. Estos rasgos son generados en los diferentes procesos mediante los programas automáticamente. No es de extrañar, por lo tanto, que se busque garantizar que los resultados entregados en el informe de auditoría permitan que la alta dirección disponga de una medición más precisa de la eficiencia y eficacia de los recursos tecnológicos que se disponga (Cuellar Triana & Pinilla Castañeda, 2015).

## INFORMACIÓN

Generalmente, utilizamos la palabra información para referirnos a un saber cómo contenido, plasmado en un medio físico, como un libro, manual o dispositivo de almacenamiento electromagnético. Estos indican hacia dónde se dirige el saber registrado como constancia o evidencia. La información se define como una secuencia de datos que articulados configuran un mensaje. En un sentido más general, la información reviste importancia y utilidad debido a que ayuda a la toma de decisiones en forma relevante, oportuna y útil, de allí que debe cumplir una serie de requisitos, entre los cuales cabe destacar (Yañez, 2015):

- **Exactitud:** la información debe ser precisa y libre de errores.
- **Compleitud:** La información debe ser completa; es decir, no debe faltar ni incluir información no relevante.
- **Economicidad:** El costo de obtener la información debería ser menor que el beneficio proporcionado.
- **Confianza:** la información que se obtiene debe garantizar calidad, tanto de los datos utilizados como de las fuentes de información.
- **Relevancia:** La información obtenida debe ser relevante y oportuna para la toma de decisiones, y no considerar aquella que no aporte valor alguno.
- **Nivel de detalle:** La información debe presentarse en forma clara y precisa, sin ambigüedades de acuerdo al área a la que se destina.
- **Verificabilidad:** La información debe poder ser contrastada y comprobada en cualquier momento.

## LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Existe una diversidad de definiciones de sistemas de información. Algunos autores, en un sentido muy general, la definen como un conjunto de datos que están relacionados con el propósito de administrar, recolectar, recuperar, procesar, almacenar y distribuir información relevante que sirve en cada uno de los procesos de la organización. Su objetivo principal es gestionar los datos de tal forma que se puedan recuperar fácilmente con total seguridad. Los sistemas de información permiten distribuir selectivamente la información necesaria para los procesos de toma de decisiones que ayuden a un buen desempeño de las funciones de negocio de la empresa de acuerdo su plan estratégico (Valencia Duque, Tamayo Arias, & Osorio López, 2015)

## LA EVIDENCIA DIGITAL

Algunos autores se refieren a la información como la principal mercancía que se intercambia cotidianamente alrededor del mundo, de lo cual se deriva la circulación masiva de información en los intercambios intra e interinstitucionales. El término **evidencia digital** ha adquirido real importancia como insumo fundamental de la auditoría moderna, siendo considerada como todo registro informático que se almacena en un soporte informático o que se transmite a través de una red informática y que pudiera tener valor probatorio para una investigación. Los especialistas en auditoría coinciden en señalar que uno de los pilares en cualquier proceso auditor es la forma como se obtiene la evidencia. No obstante, en los últimos años, este insumo se ha transformado, pasando de un soporte de naturaleza análoga a digital, con las implicancias derivadas que conllevan (Valencia Duque, Tamayo Arias, & Osorio López, 2015).

Actualmente, dado el crecimiento exponencial de información gracias a la virtualidad, cobran mayor relevancia las evidencias digitales, debido a que los ciberdelincuentes intentan cambiar o eliminar por completo este tipo de pruebas. Pero esto no es suficiente para sacarlos de problemas (Sanchis, 2018).

La importancia de las evidencias digitales viene por los siguientes aspectos:

- Permite obtener una copia veraz e irrefutable de los hechos.
- Permite comparar el original con las evidencias digitales, dando la posibilidad de determinar si el original ha sido modificado
- Permite restaurar información eliminada, incluso si se elimina el disco duro.
- 

## AUDITORÍA INFORMÁTICA

La auditoría de sistemas o auditoría informática se dedica precisamente al proceso de revisión de los sistemas de información (SI) y

## INDUSTRIAL

tecnologías de la información (TI) cuya finalidad es identificar hallazgos, reducir los riesgos e implementar controles adecuados con el propósito de proteger su información crítica y valiosa. Como lo señala Cuellar, se sustenta en una revisión transparente, objetiva, selectiva y sistemática de las políticas, procesos, normas, funciones y actividades de la empresa con el propósito de producir un informe acerca del uso eficiente de los recursos informáticos, de la comunicación, la entrega oportuna y relevante de la información, pero también de las deficiencias encontradas. De este modo, se formulan sugerencias y recomendaciones para subsanarlas (Cuellar Triana & Pinilla Castañeda, 2015).

## HALLAZGOS

Todos los procesos de auditoría tienen como común denominador el hallazgo. Un hallazgo de auditoría consta de algún registro, documento o declaración, que aparece durante el proceso auditor, que pueda ser utilizado para evaluar si se cumple o no lo que se está auditando. La norma ISO 9000:2015, respecto a los sistemas de gestión de la calidad, presenta el concepto de “hallazgos de auditoría” como «*Resultados de la evaluación de la evidencia de la auditoría recopilada frente a los criterios de auditoría*» (9000:2015, s.f.).

## RIESGOS

La noción de riesgo en informática se concibe como cualquier tipo de vulnerabilidad que pueda producir pérdidas de datos, accesos no autorizados, ruptura de la integridad y caídas del sistema. Debe tenerse en cuenta la importancia de las condiciones y circunstancias al momento de ocurridos los hechos de tal forma que se garantice que se actúe con justicia, objetividad y realismo. Todo lo que el riesgo comporta y hace incalculable se deja a responsabilidad definitiva de la decisión de las personas.

Las causas más comunes de estos riesgos son los siguientes:

- Errores humanos ocasionados por una administración incorrecta de los recursos.
- Accidentes, desastres y robos a nivel de hardware. Se incluyen también hurtos y desastres naturales.
- Intrusiones o amenazas a nivel de software que pueden derivar en daños irreparables.

Según Areitio, en el nivel más simple, el proceso de gestión de riesgos identifica y prioriza los peligros inherentes al desarrollo de un producto, sistema u organización (Areitio, 2008). En concordancia con lo establecido por la NIC 200, respecto del riesgo de auditoría, al momento de emitir opinión sobre los estados financieros de una entidad, es posible que emita opiniones inapropiadas por lo que deberá apelar a la objetividad y transparencia (Mesén, 2009).

Mesen clasifica los riesgos de la siguiente forma:

1. **Riesgo inherente:** son los riesgos que son inherentes a la naturaleza de la entidad, por tanto, independientes de todo sistema de control interno establecidos por las autoridades (Mesén, 2009).
2. **Riesgo de control:** se refiere al riesgo de que una representación errónea que pudiera ocurrir en una aseveración se acumule con representaciones erróneas en otros saldos (Mesén, 2009).
3. **Riesgo de detección:** ocurre cuando el auditor no detecta una representación errónea en una afirmación, lo cual impide que el auditor pueda diseñar los procedimientos de auditoría acertados, para detectar y tomar acciones precisas sobre las incorrecciones materiales que se presentasen.  
Nótese que, el riesgo de detección es responsabilidad del auditor y consiste, fundamentalmente, en la posibilidad de que este cometa errores durante el proceso de auditoría que lo puedan conducir a emitir una opinión errónea.

## AUDITORÍA INTERNA

Las organizaciones y los equipos de auditores están integrados por varias personas que presentan diversas percepciones y en ocasiones tienen diferentes intereses y expectativas, las que pueden ser causa de riesgos. Las empresas, por tanto, deben preocuparse no solo en mitigar estos riesgos, sino que deberán asumírselos. Desde este punto de vista, la auditoría puede desempeñar un papel fundamental. Por ejemplo, puede prestar atención inmediata a las vulnerabilidades que no están asociadas a ninguna amenaza con el objetivo de aprovecharlas, compartir prácticas empresariales que se identifiquen durante la organización, e incluso brindar apoyo en proyectos especiales. Se incluye también crear herramientas digitales para respaldar otras funciones empresariales.

## Desafíos de personal

La auditoría asume su función como un gran desafío, que se traduce en encontrar una combinación adecuada de profesionales de diversas disciplinas, altamente capacitados, con conocimientos tanto del negocio como de tecnologías de la información y una experiencia técnica reconocida, los mismos que deben ser prestados de otras dependencias o emplear recursos externos a la organización.

## Supervisión del Comité de Auditoría

El éxito del proceso de auditoría requiere la participación del Comité de Auditoría en su conjunto. Para el logro de estos objetivos, se deben incluir:

- Evaluaciones con retroalimentaciones permanentes y continuas.
- Propiciar la confianza y compromiso con las demás gerencias mediante reuniones del Directorio conjuntas.
- Uso de métricas que permita formular, coleccionar, analizar, interpretar y evaluar resultados (Salazar, 2022).

## ESTÁNDARES INTERNACIONALES QUE EL AUDITOR DEBE CONTEMPLAR EN UNA AUDITORÍA DE TIC

Teniendo en cuenta que el producto obtenido debe expresarse formalmente y estar librado de subjetividades, el auditor de las TIC debe tener conocimiento pleno de los estándares internacionales de auditoría, lo que le permitirá identificar vulnerabilidades que pudieran estar asociadas a los activos de la empresa, lo que incluye las debilidades en el nivel físico de la organización.

Puesto que la información es un activo dentro de la empresa, debe resguardarse su uso y protección y garantizar que esta se encuentre disponible solamente para los empleados autorizados. Existen normas establecidas enfocadas en la Auditoría de Sistemas de información y comunicaciones, para lo que es imperativa la verificación de su cumplimiento, ya que garantiza el control de los procesos y la seguridad del manejo de las técnicas implementadas (Tejada, 2020). Es menester dejar evidencia del registro de todos los movimientos realizados, de tal forma que en cualquier momento los usuarios puedan verificar los cambios que se realicen (Cuellar Triana & Pinilla Castañeda, 2015).

Las **Normas Internacionales de Auditoría (NIA)** (en inglés, International Standards on Auditing) consisten en una serie de normas establecidas por la Federación **Internacional** de Contadores (IFAC, por sus siglas en inglés), que tienen como finalidad uniformizar las prácticas realizadas por los auditores. Entre ellas tenemos el ISA 250 e ISA 540. También destacan las normas ISO 27001, que ponen de relieve la necesidad de preservar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de datos y de los sistemas implicados en su tratamiento (Albarracin, 2021). La norma ISO 27005 agrupa una serie de recomendaciones con indicadores de riesgo que muestran si la empresa tiene alta probabilidad de ser sometida a un riesgo que sobrepasa lo permitido (ISO 27005, 2017). El cumplimiento de la certificación ISO 27001, por su parte, demuestra que se ha obtenido conformidad en la implementación del sistema de gestión de seguridad de la información atendiendo a la norma internacional de buenas prácticas (IsoTools, s.f.).

## HABILIDADES DEL AUDITOR DE TIC

En lo que toca a las características fundamentales que debe cumplir un auditor, o equipo auditor, todos están de acuerdo en que deben ser calificados, competentes e independientes. Lo primero se refiere a cumplir un andamiaje de conocimientos tanto en aspectos legales como en aspectos tecnológicos que le permitan realizar su trabajo, preferiblemente avalados por alguna certificación en la que se avale la formación en auditoría con el conocimiento acerca de sistemas de información. La aceleración del cambio tiene lugar en nuestra mente, así como en nuestro medio, convirtiéndonos cada vez más sensible frente a ellos, por lo que requerimos cada vez más personas competentes. Una persona competente no solo es calificada, sino que tiene la cualidad de asumir responsabilidades y cumplir obligaciones a cambio de sus servicios, responsabilidades y obligaciones, de tal forma que pueda desenvolverse con naturalidad dentro de su trabajo, enfrentando obstáculos y sorteando adversidades. De todo lo anterior, resulta claro que el auditor debe ser una persona independiente; es decir, una persona que no tenga ningún vínculo con el objeto de que se está auditando, debe poseer habilidades y destrezas que le permita conseguir evidencias. Entre esas habilidades podemos mencionar:

## INDUSTRIAL

- Tener actitud positiva
- Poseer mente analítica
- Propensión para escuchar
- Capacidad de negociación
- Proactividad
- Trabajo en equipo

De lo dicho anteriormente, se infiere que la capacitación y la experiencia obtenida por el auditor es una condición imperativa para obtener mejores resultados, pues proporciona a la empresa fluidez y agilidad, que le permiten detectar fácilmente los puntos críticos que se presenten durante los procedimientos definidos por el área de TIC. Lo que al auditor le interesa es poner de relieve el orden y la claridad en sus observaciones, relatando lo sucedido y lo que podría suceder si no se levantan las mismas. Resulta, por lo tanto, imperativo aprender a determinar cuáles son los puntos de vista que deberán tenerse en cuenta al momento de redactar el informe. Se debe resaltar la calidad para que la alta dirección pueda tomar conocimiento de las fortalezas y debilidades detectadas durante la auditoría. El auditor tendrá la responsabilidad de redactar un buen informe, que le permitirá implementar cambios favorables, alcanzar las metas propuestas y proveer las herramientas necesarias para que su empresa funcione de la mejor forma, y satisfaga los requerimientos de todos sus clientes. Asimismo, la administración se fortalecerá con la opinión emitida por el auditor, pues esta mejora los procesos e implementa controles con el firme propósito de alcanzar mejores resultados, lo que redundará en alcanzar la tranquilidad de la administración (Cuellar Triana & Pinilla Castañeda, 2015).

El insumo principal para lograr un buen proceso de auditoría es la evidencia, a partir de la cual se extraerán conclusiones que sirvan de sustento y fortalezca su opinión. De lo anteriormente expuesto se infiere que la evidencia obtenida debe ser suficiente y competente. Lo primero hace alusión a la cantidad, mientras que lo segundo a la calidad de la evidencia.

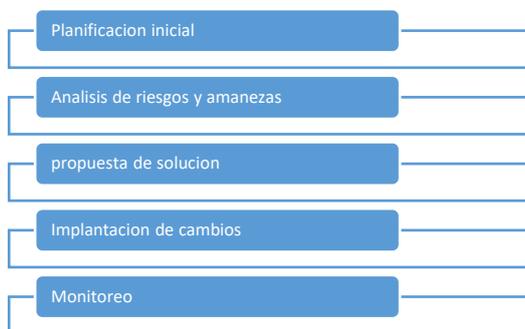
## VENTAJAS DE REALIZAR UNA AUDITORÍA INFORMÁTICA

Realizar una **auditoría** informática reporta los siguientes beneficios:

- Optimizar los sistemas informáticos existentes
- Eliminar vulnerabilidades, y reducir sustancialmente los riesgos a los que se exponen los sistemas informáticos
- Prevenir incidentes que vulneren la seguridad
- Marcar un horizonte de actuación, para reducir el impacto de los incidentes de seguridad ocasionados
- Mantener actualizados las políticas y procedimientos que garanticen la seguridad informática
- Promover una cultura de respeto a las leyes y normativas para evitar multas o sanciones
- Mejorar el flujo de trabajo y permitir el teletrabajo seguro
- Adoptar medidas para mejorar la imagen empresarial, lo que propiciará una comunicación constructiva y un adecuado bienestar laboral.

### Fases de una auditoría

El proceso de auditoría se realiza en varias fases, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.** Fases de una auditoría. Elaboración propia

- 1 **Planificación inicial:** Estudio de la forma en la que funciona el negocio, y énfasis en la interacción con sus sistemas informáticos y la seguridad.
- 2 **Análisis de riesgos y amenazas:** Análisis exhaustivo de los riesgos que pueden vulnerar los procesos de la empresa, identificar las amenazas, debiendo elaborar un plan sobre cómo evaluar las consecuencias ocasionadas.
- 3 Plantear **soluciones** para eliminar o mitigar las consecuencias derivadas de los riesgos y establecer un plan de prioridad de implementación de los cambios.
- 4 Tener un calendario bien definido en el que se señalen expresamente los cambios necesarios, los que deberán contemplar modificaciones en las políticas de seguridad
- 5 Monitorear permanentemente los resultados y verificar si se están alcanzando los objetivos; de no ser, realizar las modificaciones y ajustes necesarios.

## TÉCNICAS DE UNA AUDITORÍA INFORMÁTICA

Existen varias técnicas de auditoría informática que coinciden en definir los procedimientos que se usan en su desarrollo. Las más comunes son:

- Estudio general
- Análisis
- Inspección
- Confirmación
- Investigación
- Declaración
- Certificación
- Observación
- Cálculo

## HERRAMIENTAS

Las herramientas utilizadas son fundamentales para el logro de los objetivos de un proceso de auditoría. Su uso adecuado permitirá ejecutar acciones definidas en las técnicas. Entre las principales tenemos: cuestionarios, entrevistas, listas de verificación, trazas y software de interrogación.

- 1 Los **cuestionarios** permiten obtener información y documentación de todo el proceso de la organización, que requiere ser auditado.
- 2 La entrevista sirve para obtener información más específica mediante cuestionarios o el **interrogatorio**.
- 3 Las listas de chequeo (**checklist**), constan de un conjunto de preguntas realizadas en determinado orden, redactadas en lenguaje formal y sistematizado, expresadas de forma coherente y sin ambigüedades, de tal forma que facilite al auditado su comprensión y responda claramente.

## CONCLUSIONES

La principal contribución del presente trabajo no es proveer una técnica o herramienta relevante, sino en la sistematización y organización del proceso de planeación de una auditoría.

La conclusión más razonable respecto a una auditoría informática es la elección del auditor y la forma misma de la elección, lo que permitirá implementar procedimientos para la verificar si los recursos tecnológicos y de comunicación son los adecuados y sin poner en riesgo la confiabilidad, integridad, disponibilidad y confidencialidad de la información generada mediante los programas ejecutados. Los resultados incluidos en el informe de auditoría permitirán a los directivos de la empresa disponer con una medición más precisa de la eficiencia y eficacia de los recursos tecnológicos que usa la empresa.

Para realizar cambios en el interior de la empresa auditada, es menester que el auditor presente los resultados de sus hallazgos en un informe objetivo en donde se resalta la posibilidad de emprender acciones que brinden oportunidad de mejora. Por supuesto, todo ello debe estar amparado en su experiencia y conocimiento en dichos procesos.

## INDUSTRIAL

Finalmente, los reportes de no conformidad podrían ser de mucha utilidad, porque podrían conducir a oportunidades de mejora y permitir a la administración tomar decisiones oportunas enmarcadas en un plan de mejora continua y permanente

### CONFLICTOS DE INTERÉS

No existen conflictos de interés sobre el trabajo de investigación.

### REFERENCIAS

- 9000:2015, i. (s.f.). *plataforma de navegación en línea (obp)*. recuperado el 02 de 04 de 2022, de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Albarracín, l. (2021). auditoría informática dentro de la empresa “promaelec” de la ciudad de quevedo, en tiempo de covid-19. *universidad y sociedad*, 13(5). recuperado el 15 de 03 de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s2218-36202021000500345](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2218-36202021000500345)
- Areitio, j. (2008). *seguridad de la información*. madri, españa: paraninfo.
- Audiconsulti. (2019). *la importancia de la auditoría de sistemas*. recuperado el 03 de 04 de 2022, de <https://www.audiconsulti.com/importancia-de-la-auditoria-de-sistemas/>
- Cuellar triana, n., & pinilla castañeda, o. m. (2015). el papel del auditor frente a una auditoría sobre tic. obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria\\_publica/266](https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria_publica/266)
- Iaasb. (2018). *2018 handbook of international quality control, auditing, review, other assurance, and related services pronouncements*. recuperado el 06 de 04 de 2022, de <https://www.iaasb.org/publications/2018-handbook-international-quality-control-auditing-review-other-assurance-and-related-services-26>
- Iso 27005. (2017). *¿cómo identificar los riesgos?* recuperado el 05 de 04 de 2022, de <https://www.pmgssi.com/2017/01/iso-27005-como-identificar-los-riesgos/>
- Isotools. (s.f.). *sistemas de gestión la seguridad de la información*. recuperado el 12 de 02 de 2022, de <https://www.isotools.org/normas/riesgos-y-seguridad/iso-27001/>
- Mesén, v. (2009). el riesgo de auditoría y sus efectos sobre el trabajo del auditor independiente. *tec empresarial*, 9-12. obtenido de <https://dialnet.unirioja.-es/servlet/articulo?codigo=3201923>
- Morales, f. (2019). *tecnología de la información como herramientas de auditoría*. mexico. obtenido de <https://contaduriapublica.org.mx/2019/10/01/tecnologia-de-la-informacion-como-herramienta-de-la-auditoria/>
- Quintana, a. (2016). *tecnicas para auditoría de sistemas informaticos*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/14183?mode=full>
- Salazar, j. (2022). *métricas para un programa de auditoría de cumplimiento efectivo*. obtenido de [https://www.delitosfinancieros.org/wpcontent/uploads/2016/04/s7\\_auditoria\\_jose\\_mauricio\\_salazar.pdf](https://www.delitosfinancieros.org/wpcontent/uploads/2016/04/s7_auditoria_jose_mauricio_salazar.pdf)
- Sanchis, e. (01 de 10 de 2018). *peritos informáticos*. obtenido de <https://peritosinformaticos.com/que-son-las-evidencias-digitales>
- Tejada, m. (2020). auditoría a los sistemas como herramienta para examinar los procesos en las empresas. *faeco SAPIENS*, 3(1), 64-74. Recuperado el 02 de 04 de 2022, de [https://revistas.up.ac.pa/index.php/-faeco\\_sapiens/article/view/1072/892](https://revistas.up.ac.pa/index.php/-faeco_sapiens/article/view/1072/892)
- Valencia Duque, F. J., Tamayo Arias, J. A., & Osorio López, K. (2015). Tecnologías de información y comunicaciones en el control fiscal colombiano. *Administración y Desarrollo*, 208-233. Obtenido de <http://esapvirtual.esap.edu.-co/ojs/index.php/admindesarro/article/view/13>
- Yañez, C. (2015). Enfoque metodológico de auditoría a las tecnologías de información y comunicaciones. Obtenido de <https://www.google.com/search?client=firefoxbd&q=enfoque+metodol%C3%93gico+de+auditor%C3%8da+a+las+tecnolog%C3%8das+de+informaci%C3%93n+y+comunicaciones>



# Impacto del Covid-19 en el comercio internacional: Caso Perú

## *Impact Of Covid-19 on International Trade: Peru Case*

**Christian Tinoco Plasencia<sup>1</sup>, Pedro Huamaní Navarrete<sup>2</sup>,  
María Elizabeth Puelles Bulnes<sup>3</sup>, Ye Lu<sup>4</sup>**

RECEPCIÓN: 12 de agosto del 2022  
ACEPTACIÓN: 18 de noviembre del 2022

### RESUMEN

Este estudio ha sido desarrollado para precisar cómo se ha alterado la dinámica del comercio exterior producto de la pandemia del Covid-19. Por ello, el objetivo general es analizar el impacto del Covid-19 en el comercio internacional peruano. Se abordó desde la investigación documental; la información recolectada es una recopilación de información y estadísticas provenientes de fuentes como el FMI, Banco Mundial, entre otros. Según la información, se puede precisar que el Perú ha sido un país fuertemente perjudicado por la pandemia del Covid-19. El flujo de turistas, el nivel de exportaciones y las expectativas de crecimiento del país se han visto alterados de manera negativa por este evento. En ese sentido, se concluye, que un país como Perú, que depende en gran medida de su comercio internacional, tendrá consecuencias pronunciadas en la medida que la pandemia profundice su impacto en el comercio internacional.

**Palabras clave:** comercio internacional, impacto, Covid-19, pandemia

### ABSTRACT

This study has been developed to specify how the dynamics of foreign trade have been altered as a result of the Covid-19 pandemic. Therefore, the general objective is to analyze the impact of Covid-19 on international trade in Peru. It was approached from documentary research, the information collected is a compilation of information and statistics, collected from sources such as the IMF, World Bank, among others. According to the information, it can be specified that Peru has been a country strongly affected by the Covid-19 pandemic. The flow of tourists, the level of exports and the country's growth expectations have been negatively altered by this event. In this sense, it is concluded that a country like Peru that depends largely on its international trade will have pronounced consequences to the extent that the pandemic deepens its impact on international trade.

**Keywords:** international trade, impact, Covid-19, pandemic

## 1. INTRODUCCIÓN

A finales del 2019, se alertaba sobre una enfermedad viral llamada Covid-19, que provocaba síntomas parecidos a la neumonía, pero, con algunos agravantes como el no conocer de dónde provenía, posibles tratamientos o incluso falta de información sobre como viajaba el virus. En 2020, esta enfermedad se esparció globalmente y la Organización Mundial de la Salud la catalogó como pandemia.

Esto dio origen a una serie de medida tomadas por los diferentes gobiernos del mundo para prevenir que la pandemia se salga de control. Una de las principales medidas fue limitar la libre movilidad de personas y también de mercancías. En la mayoría de países, se decidió limitar el movimiento con la cuarentena y cerrar las fronteras tanto para el turismo como para el comercio. Esto provocó la caída de los intercambios comerciales, la caída de las inversiones, caída de actividades productivas, la caída del consumo y con ello la caída de la economía [1].

- 
1. Doctorando en Administración de Negocios Globales MBA. Ingeniero Industrial. Docente Investigador de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, christian.tinoco@urp.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-1685-1657>
  2. Doctor en Ingeniería en Sistemas. Magíster en Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electrónico. Docente Investigador de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, phuamani@urp.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-3753-9777>
  3. Doctorando en Ingeniería Industrial. Magister en Modelaje Computacional. Docente Investigador de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú, maria.puellesb@urp.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-7787-5935>
  4. Doctorando en Administración de Negocios Globales. Magister en Emprendimiento de la Universidad Carlos III de Madrid. Nacido en China y actualmente viviendo en Lima, Perú, [luye10@outlook.com](mailto:luye10@outlook.com)

El impacto económico de estas medidas tuvo gran repercusión en el mercado global. Sin embargo, los países que salieron peor parados fueron aquellos que contaban con el comercio internacional como un mecanismo muy importante para la dinámica, diversificación y movilización de su economía [2]. En Perú, el 6 de marzo del 2020 se confirmaba el primer caso de la enfermedad y con ello una serie de medidas como las ya mencionadas. Estas precauciones de distanciamiento social se extendieron por muchos meses, lo que provocó el estancamiento económico.

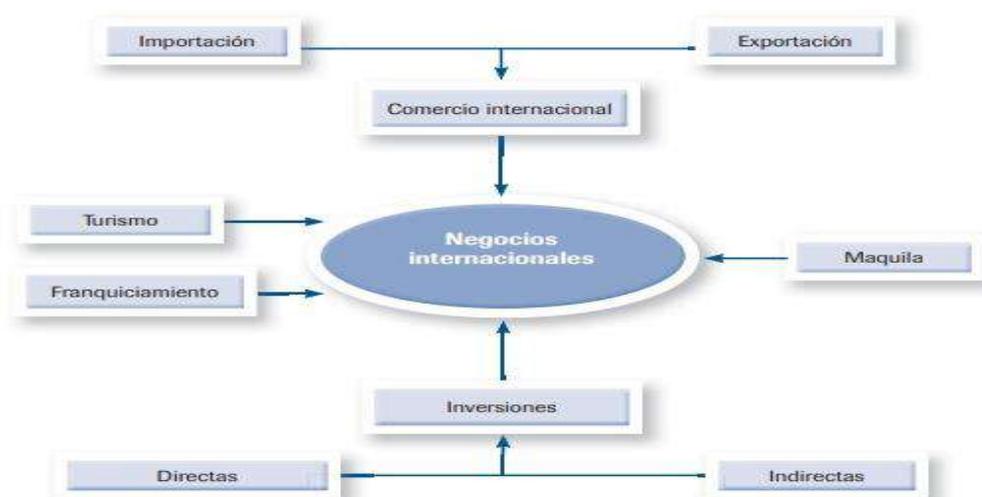
Para el caso peruano, las relaciones comerciales con países como China o EEUU representan un gran movimiento de mercados y de capitales. China representa el 24.22% y EE.UU. el 20.79%, por lo que una gran crisis en estos países provocaría un gran shock externo sobre la economía peruana. Según cifras del Banco Mundial [3], el comercio, en todos sus sectores, representaba el 46.7% del PBI peruano. Como consecuencia de la pandemia, “se demostró el mal funcionamiento operativo de diversos vínculos de la secuencia logística internacional de mercaderías, fundamentada en el arraigado ejercicio de la administración concreta de documentos y la asistencia física de personas. Asimismo, demostró las debilidades provenientes de la escasa vinculación entre los diferentes representantes de dicha cadena, así como entre los funcionarios a cargo de las actividades de vigilancia y control de las acciones de comercio exterior.” [4, p. 7].

Además de lo indicado, un factor importante fue la caída del sector turístico que fue la más grande de la región, debido a la limitada movilidad de personas. Entonces, un sector tan importante como el de comercio internacional, con choques externos e internos provocados por el Covid-19, claramente recibiría impactos importantes. Sobre estas consideraciones este artículo tiene como objetivo analizar el impacto del Covid-19 en el comercio internacional y las cadenas globales en el caso específico de Perú. Para ello, se realizó una investigación documental, cuyos datos fueron recolectados de fuentes confiables como el FMI, Banco Mundial, entre otros.

## 2. DESARROLLO

Cuando aludimos al comercio internacional, no solo nos referimos a la comercialización de productos entre naciones. En tal sentido, el comercio internacional se puede definir, de acuerdo con Lerma y Márquez (2010), conforme tanto a la exportación, que atiende al intercambio de artículos (bienes y servicios) procedentes de una nación a interesados ubicados en otro territorio, como a la importación, fundamentada en la compra de productos o servicios a un distribuidor procedente de una nación diferente al del comprador [5].

El comercio internacional constituye la transacción que se ejecuta entre personas de dos o más territorios, de modo que, se producen éxodos de mercadería de un territorio (exportaciones) e ingreso de mercaderías (importaciones) originarias de otras naciones. La economía nos indica que dichos procesos nos favorecen cuando las referidas mercaderías y servicios se intercambian. Sencillamente, el inicio de la “ventaja comparativa” expresa que las naciones progresan, en primer lugar, mediante la explotación de sus activos, y posteriormente, a través de la comercialización de dichos artículos por artículos que otras naciones generan mejor [6, p. 2].



**Figura 1.** Esquema del comercio internacional. Fuente: Lerma y Márquez (2010)

Tomando en cuenta estas nociones de comercio internacional, podemos partir de la importancia del intercambio de productos y servicios como medio de desarrollo y crecimiento.

Diversas investigaciones académicas estudian la importancia del comercio internacional como componente para reducir la necesidad y el hambre en América Latina [7].

Una crisis importante con incidencia sobre el comercio internacional tendría inmediata consecuencia sobre los índices de ingreso y pobreza sobre la ciudadanía.

El impacto de la pandemia dejó datos relevantes sobre los principales sectores económicos orientados al comercio internacional. Al respecto, Comex Perú (2021) [8] refiere que:

(...) todas las áreas, excepto el agropecuario (+7.5%) y artesanías (+23.8%), contabilizaron descensos en el importe de exportación en dicho lapso, y destacan las áreas del petróleo y derivados (-53%), pesca tradicional (-20%) y minería (-15.3%). Del mismo modo, la disminución de las importaciones fue menor (-13.6%), en relación al año 2019, mientras que los productos intermedios contabilizaron la mayor reducción (-18.7%). [8, párrafo 3]

El impacto comercial fue sustantivo, sobre todo en los commodities. La caída de estos sectores se debe al estancamiento de la actividad productiva de países como China, además de la paralización de las actividades de extracción dentro del país.

Para el Banco Interamericano de Desarrollo (2021) [2], “la disminución de corporaciones exportadoras e importadoras presentaron un promedio de 11%, y fluctuaron entre 4.3% y 18.7% en Ecuador y Perú; y entre 6.5% y 18.9% en Colombia y República Dominicana respectivamente” [2, párrafo, 6].

Claramente, en el Perú, el efecto fue mayor al regional; lo que podría deberse a la duración de las medidas de distanciamiento.

De acuerdo con el Banco Mundial, el Perú fue una de las naciones más afectadas mundialmente por la pandemia lo que produjo un estancamiento más prolongado de las actividades económicas, incluido el comercio, por lo que los datos exhiben una crisis más profunda que en otros países [9].

Según las estadísticas de la CEPAL (2021) [10], el comercio internacional cayó en 13% en América Latina y el Caribe en el año 2020. Y estiman que la economía de América Latina y el Caribe aumentará en 5,9% en el 2021 y 2,9% en el 2022. Por su parte, el Fondo Monetario Internacional [11] prevé que la economía mundial se incremente en 6 % en el 2021 y 4,9% en el 2022.

Para Latinoamérica, estiman un crecimiento de las economías de 5,8 % para el 2021 y de 3,2% para el 2022. En la figura 2, podemos observar la estimación de incremento de la economía mundial para el año 2021 y 2022.

## Últimas proyecciones de crecimiento de Perspectivas de la economía mundial

| (PIB real, variación porcentual anual)                | PROYECCIONES |            |            |
|---|--------------|------------|------------|
|   | 2020         | 2021       | 2022       |
| <b>Producto mundial</b>                               | <b>-3,2</b>  | <b>6,0</b> | <b>4,9</b> |
| <b>Economías avanzadas</b>                            | <b>-4,6</b>  | <b>5,6</b> | <b>4,4</b> |
| Estados Unidos  | -3,5         | 7,0        | 4,9        |
| Zona del euro   | -6,5         | 4,6        | 4,3        |
| Alemania  | -4,8         | 3,6        | 4,1        |
| Francia   | -8,0         | 5,8        | 4,2        |
| Italia  | -8,9         | 4,9        | 4,2        |
| España  | -10,8        | 6,2        | 5,8        |
| Japón   | -4,7         | 2,8        | 3,0        |
| Reino Unido   | -9,8         | 7,0        | 4,8        |
| Canadá  | -5,3         | 6,3        | 4,5        |
| Otras economías avanzadas                             | -2,0         | 4,9        | 3,6        |
| <b>Economías emergentes y en desarrollo</b>           | <b>-2,1</b>  | <b>6,3</b> | <b>5,2</b> |
| <b>Economías emergentes y en desarrollo de Asia</b>   | <b>-0,9</b>  | <b>7,5</b> | <b>6,4</b> |
| China   | 2,3          | 8,1        | 5,7        |
| India   | -7,3         | 9,5        | 8,5        |
| ASEAN-5   | -3,4         | 4,3        | 6,3        |
| <b>Economías emergentes y en desarrollo de Europa</b> | <b>-2,0</b>  | <b>4,9</b> | <b>3,6</b> |
| Rusia   | -3,0         | 4,4        | 3,1        |
| <b>América Latina y el Caribe</b>                     | <b>-7,0</b>  | <b>5,8</b> | <b>3,2</b> |
| Brasil  | -4,1         | 5,3        | 1,9        |
| México  | -8,3         | 6,3        | 4,2        |
| Oriente Medio y Asia Central                          | -2,6         | 4,0        | 3,7        |
| Arabia Saudita  | -4,1         | 2,4        | 4,8        |
| África subsahariana                                   | -1,8         | 3,4        | 4,1        |
| Nigeria   | -1,8         | 2,5        | 2,6        |
| Sudáfrica   | -7,0         | 4,0        | 2,2        |
| <b>Partidas informativas</b>                          |              |            |            |
| Economías emergentes y de mediano ingreso             | -2,3         | 6,5        | 5,2        |
| Países en desarrollo de bajo ingreso                  | 0,2          | 3,9        | 5,5        |

Figura 2. Proyecciones de crecimiento de la economía mundial para el año 2021 y 2022. Fuente: FMI (2021)

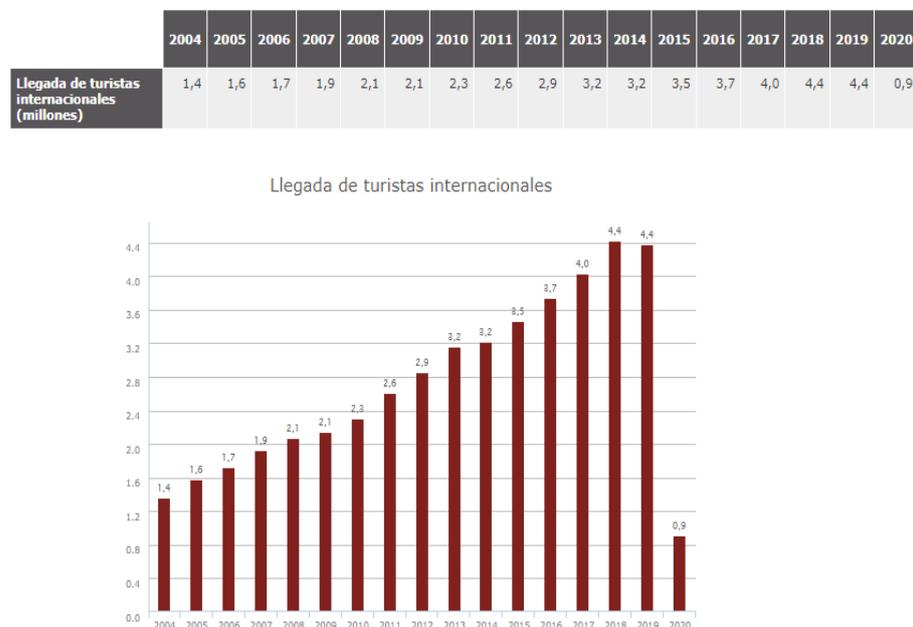
En cuanto a la pobreza, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) [12], para el 2020, la pobreza perjudicó al 30.1% de los peruanos aumentando en 9.9 % en relación al año 2019. La población vulnerable a la pobreza se incrementó en 8.3% durante los últimos cinco años, mientras que en los últimos 10 años se redujo en 0.7%. El INEI señala, además, que este incremento de la pobreza se relaciona con la interrupción de casi todas las prácticas económicas, debido al Estado de Emergencia Nacional y los protocolos de bioseguridad en el territorio. El colapso de las cadenas globales ocasionó que gran parte de la clase media establecida débilmente pase a formar parte de la población en situación de pobreza como muestra el cuadro a continuación.



Figura 3. Incidencia de la pobreza monetaria 2010-2020 en el Perú. Fuente: INEI (2021)

En cuanto al sector turístico internacional, de acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MCET), la llegada de turistas del exterior se redujo en 4,4 millones de personas en el año 2019 a 0,9 millones en el año 2020. Estos datos son muy relevantes, pues inciden en la inversión extranjera dentro del país y forman parte fundamental de la estructura del comercio internacional. Por lo tanto, la caída de este sector afecta directamente al intercambio internacional [13].

**Figura 4.** Estadísticas de la llegada de turistas internacionales. Fuente: MCET (2021)



De acuerdo con RPP Noticias [14], “durante el 2020 el país más afectado en la pandemia por COVID-19 debido a la reducción del turismo fue el Perú, en virtud a lo señalado por un estudio de la organización GlobalData, la práctica se redujo 73%” [14, párrafo 1]. Del mismo modo, dicho informe sostiene que “el turismo sudamericano es más débil que el norteamericano y europeo, y en el año 2020 la pandemia intensificó los elementos que perjudican la llegada de turistas a dichos países” [14, párrafo 2]. El sector turístico es quizás el sector más golpeado, pues los datos muestran una estrepitosa caída, fenómeno esperado desde el anuncio de las medidas sanitarias. Sin embargo, según los datos aportados por la SNM, en el periodo de enero a agosto de 2021, la afluencia de turistas internacionales al territorio sumó 171,134.00, lo que fortaleció la reactivación paulatina mensual, iniciada desde febrero [15].

Finalmente, es necesario saber cuáles son las expectativas sobre la recuperación del comercio exterior posterior a la pandemia. En ese sentido, de acuerdo con información de la Organización Mundial del Comercio (2021), las expectativas de recuperación del comercio exterior después de dos trimestres del 2021 indican que hay una ligera recuperación [16]; sin embargo, el barómetro de la OMC con los datos en septiembre del mismo año indica que la recuperación podría ralentizarse, debido a que el Covid-19 ha tenido un mayor impacto producto de las nuevas cepas.

### 3. CONCLUSIONES

Los datos nos indican que la pandemia del Covid-19 ha impactado en el comercio internacional. En primer lugar, se observa que hubo una paralización en varias actividades entre las que se encontraban, como las más afectadas, las firmas exportadoras e importadoras. Esto se debió a que los principales socios redujeron su demanda de los países latinoamericanos. De igual manera, observando otra fuente de ingreso en el Perú, como el turismo, se visualizó que el flujo de turistas se redujo considerablemente en el 2020 y se recupera ligeramente en el 2021. Esto es consecuencia del cierre de fronteras y de la actitud reacia a viajar por la enfermedad. Por otro lado, importantes organismos internacionales como la CEPAL, OMC, FMI y Banco Mundial afirman que la pandemia del Covid-19 llevó a una contracción de la actividad económica y que la recuperación será cada vez más lenta en la medida que el control de la enfermedad sea menos efectivo.

Todo esto demuestra que el Perú es vulnerable a la desaceleración del comercio internacional. Finalmente, una consecuencia externa es el incremento de la pobreza monetaria, debido a que el cese de actividades durante el 2020 provocó que el flujo de ingresos cese y situó a varias familias, que dependían de actividades como el turismo, en una situación de vulnerabilidad. En consecuencia, el Covid-19 ha repercutido en el comercio mundial, y ha afectado principalmente a los países más dependientes del comercio y los ha colocado en una situación de constante alerta para enfrentar esta pandemia y no alargar su recuperación futura.

#### 4. RECOMENDACIONES

De acuerdo al desarrollo y derivaciones de este estudio, para poder mitigar progresivamente los efectos de la pandemia por Covid-19 en el comercio internacional, se sugiere que las naciones incrementen la coordinación entre sí para lograr más integración, de tal modo, que permita una rápida recuperación de las actividades económicas y la inversión externa. Del mismo modo, se recomienda, estimular alianzas económicas regionales y multinacionales que permitan la cooperación de las medidas de cuidado y control de la pandemia, así como evitar en lo posible que las medidas concretas provoquen problemas mercantiles y diplomáticos que demoren la recuperación y perjudiquen el desarrollo durante un periodo prolongado. Finalmente, se sugiere a aduanas y organismos encargados del control fronterizo que implementen estrategias a fin de simplificar el despacho de mercancías.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Health Organization, *Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020*, 2020.
- [2] Banco Interamericano del Desarrollo, «El comercio en tiempos de pandemia: el impacto del COVID-19 en las firmas de seis países latinoamericanos,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/elcomercioentiempos-depandemia-el-impacto-del-covid-19-en-las-firmas-de-seis-paises-latinoamericanos/>.
- [3] Banco Mundial, *Comercio % del PBI*, 2021.
- [4] J. Báscones, «COVID-19, comercio exterior peruano y lecciones por aprender,» *Forseti. Revista de derecho*, vol. 9, n° 13, pp. 6-20, 2021.
- [5] L. y. Márquez, «Comercio y Marketing Internacional,» México, CENGAGE LEARNING – 4eta edición, 2010, p. 675.
- [6] S. Mendoza, J. Hernández y J. P. Méndez, «La importancia del comercio internacional en Latinoamérica,» *Observatorio de la Economía Latinoamericana, Servicios Académicos Intercontinentales SL*, n° 201, 2014.
- [8] Comex Perú - Sociedad de Comercio Exterior del Perú, «Exportaciones no tradicionales aumentaron un 5.8% en enero de 2021,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-no-tradicionales-aumentaron-un-58-en-enero-de-2021>.
- [9] Banco Mundial, «Resumen del comercio Perú 2019.,» 2019. [En línea]. Available: <https://wits.worldbank.org/countrysnapshot/es/PER>.
- [10] CEPAL, «Comisión Económica para América Latina y el Caribe,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es>.
- [11] Fondo Monetario Internacional, «Se ahondan las brechas en la recuperación mundial,» 10 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/-Issues/2021/07/27/world-economic-outlook-update-july-2021>.
- [12] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Pobreza monetaria alcanzó al 30,1% de la población del país durante el año 2020,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/pobreza-monetaria-alcanzo-al-301-de-la-poblacion-del-pais-durante-el-ano-2020-12875/>.

- [13] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Flujo de turistas internacionales e ingreso de divisas por turismo receptivo,» 2021. [En línea]. Available: <http://datosturismo.mincetur.gob.pe/appdatosTurismo/Content1.html>.
- [14] RPP Noticias, «Perú fue el país sudamericano más afectado con el declive del turismo internacional,» 21 abril 2021.
- [15] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Reporte Mensual de Turismo,» 2021. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2193232/-Reporte%20Mensual%20de%20Turismo%20-%20Agosto%202021.pdf>.
- [16] Organización Mundial del Comercio, «Barómetros de la OMC sobre el comercio,» 25 noviembre 2021. [En línea]. Available: [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/-news21\\_s/wtoi\\_23sep21\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/news_s/-news21_s/wtoi_23sep21_s.htm).
- [7] J. & B. R. J. Guardiola, «Comercio internacional y crecimiento económico: ¿cómo influyen en el hambre de América Latina?,» *Nutrición Hospitalaria*, vol. 25, pp. 44-49, 2010.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] World Health Organization, *Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020*, 2020.
- [2] Banco Interamericano del Desarrollo, «El comercio en tiempos de pandemia: el impacto del COVID-19 en las firmas de seis países latinoamericanos,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/elcomercioentiempos-depandemia-el-impacto-del-covid-19-en-las-firmas-de-seis-paises-latinoamericanos/>.
- [3] Banco Mundial, *Comercio % del PBI*, 2021.
- [4] J. Báscones, «COVID-19, comercio exterior peruano y lecciones por aprender,» *Forseti. Revista de derecho*, vol. 9, n° 13, pp. 6-20, 2021.
- [5] L. y. Márquez, «Comercio y Marketing Internacional,» México, CENGAGE LEARNING – 4eta edición, 2010, p. 675.
- [6] S. Mendoza, J. Hernández y J. P. Méndez, «La importancia del comercio internacional en Latinoamérica,» *Observatorio de la Economía Latinoamericana, Servicios Académicos Intercontinentales SL*, n° 201, 2014.
- [7] J. & B. R. J. Guardiola, «Comercio internacional y crecimiento económico: ¿cómo influyen en el hambre de América Latina?,» *Nutrición Hospitalaria*, vol. 25, pp. 44-49, 2010.
- [8] Comex Perú - Sociedad de Comercio Exterior del Perú, «Exportaciones no tradicionales aumentaron un 5.8% en enero de 2021,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-no-tradicionales-aumentaron-un-58-en-enero-de-2021>.
- [9] Banco Mundial, «Resumen del comercio Perú 2019.,» 2019. [En línea]. Available: <https://wits.worldbank.org/countrysnapshot/es/PER>.
- [10] CEPAL, «Comisión Económica para América Latina y el Caribe,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.cepal.org/es>.

- [11] Fondo Monetario Internacional, «Se ahondan las brechas en la recuperación mundial,» 10 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/-Issues/2021/07/27/world-economic-outlook-update-july-2021>.
- [12] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Pobreza monetaria alcanzó al 30,1% de la población del país durante el año 2020,» 1 diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/pobreza-monetaria-alcanzo-al-301-de-la-poblacion-del-pais-durante-el-ano-2020-12875/>.
- [13] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Flujo de turistas internacionales e ingreso de divisas por turismo receptivo,» 2021. [En línea]. Available: <http://datosturismo.mincetur.gob.pe/appdatosTurismo/Content1.html>.
- [14] RPP Noticias, «Perú fue el país sudamericano más afectado con el declive del turismo internacional,» 21 abril 2021.
- [15] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, «Reporte Mensual de Turismo,» 2021. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2193232/-Reporte%20Mensual%20de%20Turismo%20-%20Agosto%202021.pdf>.
- [16] Organización Mundial del Comercio, «Barómetros de la OMC sobre el comercio,» 25 noviembre 2021. [En línea]. Available: [https://www.wto.org/spanish/news\\_s/-news21\\_s/wtoi\\_23sep21\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/news_s/-news21_s/wtoi_23sep21_s.htm).



# Análisis y diseño de un Sistema de Gestión de Portafolio de Proyectos (PPMS)

## *Analysis and Design of a Project Portfolio Management System (PPMS)*

Erick Leonel García Ibáñez<sup>1</sup>, Luis Eduardo Alvarado Ramírez<sup>2</sup>

### RESUMEN

Una investigación basada en herramientas de minería de texto [1] demostró que la Gestión del Portafolio de Proyectos (PPM) ha sido una tendencia importante en los trabajos de investigación desde 2002 hasta el año en que se realizó el estudio, 2019. Kaczorowska et al [2] definen PPM como conjuntos de proyectos implementados, financiados y administrados simultáneamente dentro de la misma organización o en parte de la misma. El propósito de este artículo es elaborar un diseño práctico para el desarrollo de un Sistema de Gestión de Portafolio de Proyectos (PPMS). Para lograr este objetivo, se ha revisado literatura relacionada con PPM y PPMS. Luego, se han destacado los hechos más importantes sobre algunos marcos teóricos y prácticos en PPM. Estos marcos utilizan la toma de decisiones multicriterio (MCDM), AHP, IPSOS, lógica difusa y otros modelos para el proceso de evaluación y selección de proyectos. Finalmente, definimos los requisitos funcionales y los no funcionales, y desarrollamos un modelo teórico para el desarrollo de un sistema de priorización de proyectos y construcción de cartera.

**Palabras clave:** sistemas de gestión del portafolio de proyectos, sistemas de gestión de portafolios de proyectos, priorización de proyectos, toma de decisiones multicriterio, modelado de software

### ABSTRACT

Research based on text mining tools [1] proved that Project Portfolio Management (PPM) has been an important trend in research papers since 2002 until the year the study was performed, 2019. Kaczorowska et al [2] define PPM as sets of projects implemented, financed, and managed simultaneously within the same organization or its part. The purpose of this article is to implement a practical design for the development of a Project Portfolio Management System (PPMS). To achieve this goal, we have investigated some literature related to PPM and PPMS. Then, we highlighted the most important facts about some theoretical and practical frameworks in PPM. These frameworks use Multi-criteria Decision Making (MCDM), AHP, IPSOS, Fuzzy logic and other models for the project evaluation and selection process. Finally, we defined the functional requirements and non-functional requirements, and developed a theoretical model for the development of a system to prioritize projects and portfolio construction.

**Keywords:** project portfolio management (PPM), project portfolio management systems (PPMS), project prioritization, multi-criteria decision making, software modeling

## 1. INTRODUCTION

Before going deep into the specific topic of the present text, it is important to review the basic concepts and methodologies of project management. First of all, Project Management can be defined as the utilization of a variety of skills, tools and techniques with the objective of providing value to people. Many activities can be considered projects such as the construction of a structure, the development of a software and the expansion of a company into new markets [3].

In 2020, a research based on text mining tools [1] to find out the latest trends in the project management area was published. In Figure 1 you can appreciate some of the results, in which Project Portfolio Management (PPM) has been highlighted. This trend appeared in 2002 and lasted until the end of the research, in 2019. Also, it has been recognized as one of the most important management approaches to meet the expectations of project

---

<sup>1</sup> Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University; St.Petersburg, Russia; <[egarciasc87@gmail.com](mailto:egarciasc87@gmail.com)>

<sup>2</sup> Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University; St.Petersburg, Russia; <[l.alvarado@puce.pe](mailto:l.alvarado@puce.pe)>

managers [4]. The article by Wawak et al. [1] allows us to have a clue about the importance of PPM for the researchers in the Project Management fields in the current century.

| Year/<br>ID | 2000   | 2001  | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |  |
|-------------|--|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 1.          | Multicultural aspects of construction projects |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 2.          | Research in project management                 |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 3.          | Critical chain project management              |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 15.         |  | Project strategy                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 16.         |  | Bidding process in international constr. projects |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 17.         |  | Causes of delays in construction projects         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 18.         |  | Work-life balance                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 19.         |  | Earned Value based project monitoring             |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 20.         |  | Project portfolio management                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 21.         |  | Stakeholder management                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 22.         |  | Project procurement                               |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 23.         |  | Project coordination and network centrality       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 24.         |  | Virtual teams management                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 25.         |  | Change management                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 36.         |  | Competence management and training                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 37.         |  | ERP implementation projects                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 38.         |  | Building Information Modelling                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 39.         |  | Project management maturity                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 40.         |  | Megaprojects                                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 41.         |  | Agile portfolio management                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 42.         |  | Disaster recovery                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 43.         |  | Sustainable project manag                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |

Figure 1. Latest trends in research on project management [1]

Nowadays, there are different frameworks available regarding how Project Management should be executed. They have been developed by highly reputable institutions and have been used by several institutions. It is worth mentioning that all of them have their pros, cons and are more suitable for some scenarios than for others [5].

The Project Management Body of Knowledge (PMBOK) was developed by the Project Management Institute (PMI), and it establishes standards for managing projects in different industries. This approach is widely supported around the world and is based on 12 principles [6]. However, this framework might be too complex or bureaucratic for small projects or for the ones that are subject to changes during their lifetime.

On the other hand, it is acknowledged that Agile Project Management is an approach that consists in delivering reiterative products or progress through the entire lifetime of the project. Moreover, the main benefit of this approach is that it allows making changes and adjusting the requirements along the process, instead of waiting until the end [7]. The execution of agile projects is suggested to follow the principles of the Agile Manifesto [8]. This approach was originally developed for IT development but nowadays it is recommended to be used in projects where the requirements are not completely defined, prone to be modified and when the client prefers to be involved [9].

PRINCE 2 stands for Projects in Controlled Environments, and is characterized for dividing the project into stages that can be classified as Technical or Management to divide responsibilities. This approach is suggested to be utilized in environments where the project leader is not highly proficient in management, because the project board will assume this responsibility and also in portfolio management because the supervision of the same project board guarantees one same direction in all the projects that are taking place [5]. In other words, PRINCE 2 is focused on controlling the project from the start point, through the development and to the final step, including the changes and risks that might occur [10].

Kaczorowska et al. [2] define PPM as sets of projects implemented, financed, and managed simultaneously within the same organization or its part. Also, PPM refers to the ability to effectively manage and monitor the success of the organization’s project success [4]. Many more definitions can be found in PPM related literature

[11] [12] [13] [14], and the main idea consists of having multiple projects but not enough resources to execute them all at the same time. We can summarize some characteristics of PPM as follows:

- Existence of multiple projects within the same organization to select from.
- As the resources are limited, the projects compete with each other to get some of them.
- It is highly important that the projects support the organization's strategy. The ones that better fit with this requirement will have a bigger chance to get the resources needed for its executions.
- All portfolios must have a well defined and documented prioritization criteria. Projects must be evaluated according to the standard procedure to select the best candidates.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Instruments

On the instruments view we are considering two important items: the criteria used to evaluate the project, and the method that performs the project prioritization in the portfolio.

Regarding the criteria utilized for the decision making process, we have evaluated a series of frameworks for project selection. Ma et al. [12] developed a multi-criteria framework for project selection in uncertain decision-making environments, and it was implemented in a large-scale paper manufacturer. Ratajová [14] analyzed two projects, a small and a big one, in a consulting firm. The analysis was based on matrices for project selection, which were useful for evaluating some criteria such as: profitability, strategic alignment, duration. Also, a Cobit 5-based approach [11] was implemented for a university in Morocco. This framework uses a combination of AHP and TOPSIS methodologies for the selection and prioritization of IT projects. Previous study cases used different methodologies and applied them into a specific company to prove the usefulness of their frameworks. However, some researchers took a different approach by performing a theoretical study for the development of a PPM system. In the article by Dezhkam et al [4], the authors created a 5-step framework for project analysis and prioritization. Also, they detailed some information related to roles and maturity models in PPM. Furthermore, El Hannach et al [13] wrote a paper focused on the analysis and design of a PPM system. This article explains some basic topics, such as: prioritization criteria, prioritization methods, challenges in project selection, and advantages of the framework. Their analysis and design include some UML diagrams (use case diagram, class diagram, activity diagram) explaining the requirements and functionalities of the system. In Table 1 you can see a summary of the models, methodologies, and prioritization criteria used in the articles previously mentioned.

| Criteria \ Article                               | Husam [18], 2021  | Dezhkam et al [2], 2019  | El Hannach et al [6], 2019  | Ahriz et al [4], 2018   | Ma et al [5], 2020  | Ratajová [11], 2019  |
|--|---|--|---|---|---|--|
| A practical application was performed            | <input checked="" type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>  | <input checked="" type="checkbox"/>   | <input checked="" type="checkbox"/>   | <input checked="" type="checkbox"/>  |
| Where was the framework applied?                 | Oil company   | -  | -   | Consulting firm   | Paper manufacturer  | Moroccan university  |
| What are the steps of the PPM framework?         | - Data collection<br>- Determine criteria weights<br>- Define optimal alternative | - Explain status of projects<br>- Analysis & evaluation<br>- Prioritization<br>- Matching to organization resources<br>- Portfolio management system | - Evaluation<br>- Planification<br>- Monitoring   | - Projects identification<br>- Criteria evaluation<br>- Project selection<br>- Prioritization<br>- Portfolio adjustment | - Candidates selection<br>- Project evaluation<br>- Optimal portfolio calculation                         | - Project evaluation<br>- Evaluation of opportunities  |
| What methodologies/models were used?             | - TOPSIS<br>- AHP<br>- Fuzzy logic  | - Engagement profitability models<br>- Budget alignment model<br>- Maturity model for PPM  | - Unified Modeling Language (UML)<br>- Model View Controller (MVC)<br>- AHP, Q-sort   | - Cobit 5<br>- AHP<br>- TOPSIS  | - TOPSIS<br>- Fuzzy logic model   | - Matrices   |
| What type of indicators are used?                | - Profitability<br>- Environmental  | - Profitability  | - Profitability   | - Profitability   | - Economic (Profitability)<br>- Environmental<br>- Social   | - Profitability  |
| What is the criteria for project prioritization? | - Time<br>- Quality<br>- Cost<br>- Safety<br>- Environmental sustainability       | - Fit<br>- Utility<br>- Balance  | - Discounted Cash Flow (DCF)<br>- Net Present Value (NPV)<br>- Internal Rate of Return (IRR)<br>- Pay-back period<br>- Weighted scoring | - Multi-criteria decision making (MCDM)   | - Key Performance Indicator (KPI)<br>- Multi-criteria decision making (MCDM)<br>- Net Present Value (NPV) | - Profitability<br>- Duration<br>- Strategic alignment<br>- Potential for further business<br>- Good reference |

**Table 1.** Summary of different approaches considered for this article

The most common category of metrics are the ones related to the profitability of a project, such as: DCF, IRR, NPV, and pay-back period. DCF consists of estimating the value of an investment by discounting future cash flows at a fixed rate. NPV and IRR are the most extensively used and accepted DCF indices [15]. Unlike the basic DCF, NPV also considers the initial cash flow in its calculation. For more information about NPV, IIR, or Pay back you can review the articles [12] [15].

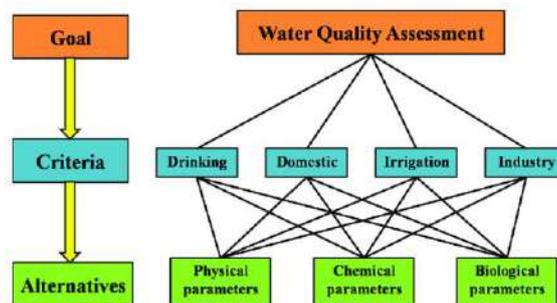
We also suggest other types of metrics in the project evaluation process:

- Alignment with the company's strategy
- Environment, Social, and Governance (ESG): the company's activities must result in positive effects for the stakeholders (shareholders, community, and others).
- Legal/regulatory: these indicators are related to the accomplishment of the government regulations.

## 2.2. Methodological design

As for the method used for the project prioritization, we have decided to base our approach on the following methods: Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Analytic Hierarchy Process (AHP), and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS).

The multi-criteria decision making (MCDM) is widely used to evaluate multiple criteria, as well as to compare and rank several alternatives with respect to criteria and eventually prioritized [16]. Several methods have been developed for the MCDM approach, some of them were identified and divided into categories by Zavadskas and Turskis [17]. In Figure 2 you can see a representation of a MCDM approach.

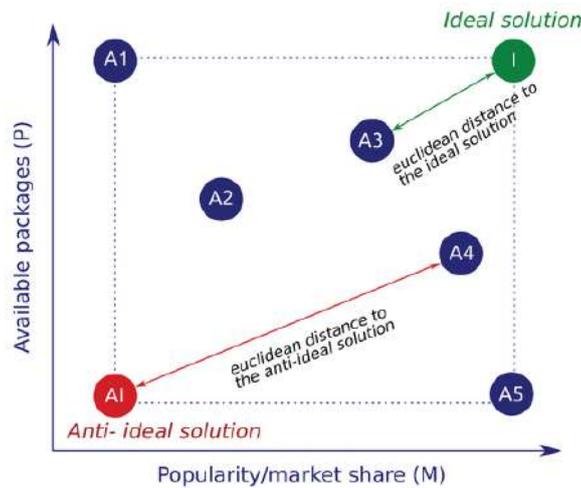


**Figure 2.** Approach for Single-Criteria Decision making (left side), and Multi-criteria Decision Making (right side). Source: Research Gate

TOPSIS is one of the most popular methods for decision making [16] [18], it was developed by Hwang and Yoon in 1981. This method consists of two artificial alternatives that are hypothesized: Ideal solution (IS), that presents the solution that has the best level for all attributes considered, and negative ideal solution (NIS) for the one which has the worst attribute values [11].

Thus, after calculating the separation of each alternative from the IS and NIS, the ones that are closest to the IS must be prioritized.

Figure 3 is very helpful to explain the selection process in the TOPSIS method.



**Figure 3.** Selection process from different alternatives by TOPSIS method.

Source: Linux magazine

AHP was developed by Saaty. It is a systematic decision making method which includes both qualitative and quantitative [11], and is also frequently used for decision making in the areas of evaluation and selection [16]. According to Mohammed [16], decision makers must make a decision or judgment based on pairwise comparisons in between each pair of criteria or alternatives by using Saaty’s scale. Saaty’s scale is a 1-9 scale where values lie between ‘equally important’ and ‘extremely important.’ In Table 2 you can see a representation of Saaty’s scale.

| AHP Scale of Importance for comparison pair (aij) | Numeric Rating | Reciprocal (decimal) |
|---|----------------|----------------------|
| <b>Extreme Importance</b>                         | 9              | 1/9 (0.111)          |
| Very strong to extremely                          | 8              | 1/8 (0.125)          |
| <b>Very strong Importance</b>                     | 7              | 1/7 (0.143)          |
| Strongly to to very strong                        | 6              | 1/6(0.167)           |
| <b>Strong Importance</b>                          | 5              | 1/5(0.200)           |
| Moderately to Strong                              | 4              | 1/4(0.250)           |
| <b>Moderate Importance</b>                        | 3              | 1/3(0.333)           |
| Equally to Moderately                             | 2              | 1/2(0.500)           |
| <b>Equal Importance</b>                           | 1              | 1 (1.000)            |

**Table 2.** Saaty’s scale for AHP

Source: [https://www.researchgate.net/figure/Saaty-scale-for-factor-ranking-Figure-1-describes-the-different-factor-ranking-based-on\\_fig5\\_299837810](https://www.researchgate.net/figure/Saaty-scale-for-factor-ranking-Figure-1-describes-the-different-factor-ranking-based-on_fig5_299837810)

We decided to use the approach by Ahriz et al. [11], because this methodology divides the PPM into relevant intuitive steps, suggests tools for prioritization and was successfully implemented in IT environments. However, this methodology is complemented with tools and suggestions from different authors. In Figure 4 you can see the flow of steps proposed by Ahriz et al. [11].

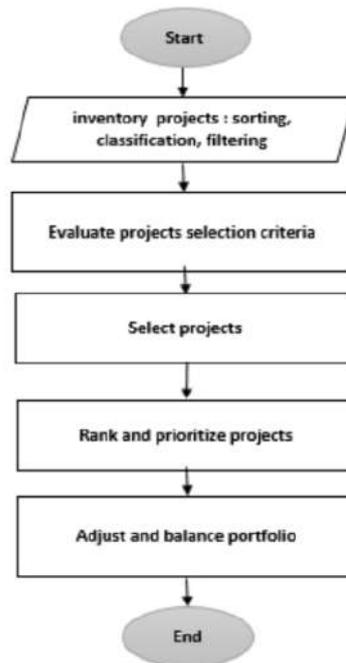


Figure 4. PPM approach proposed by Ahriz et Al [11]

### 3. RESULTS

#### - PPMS specifications

##### 3.1. Roles

The following roles have been identified in the project selection process:

- Decision maker: refers to all the people who will rate the project candidates for the portfolio construction. It is highly recommended that the list of decision makers include the following members: the head of the department that will execute the project, the head of the project management department, and a top-level manager in the organization.
- Head of department: professional who leads the area responsible for the execution of the projects.
- Head of project management department: professional who leads the project management department, who is responsible for the supervision of the project execution, and compliance of the organization procedures.
- System administrator: this role is assigned by the head of the project management department to one of the supervisors from the team. The responsibilities of these roles are: verify the correct use of the system, keep the dimension tables updated, and to help the users from different departments to properly apply the project management procedure.
- System operator: this user can work in any department inside the organization, and his main responsibility is to enter all the required data in the PPMS.

##### 3.2. Functional requirements and Non-functional requirements

In software development it is essential to define the features of the product before the development stage. These specifications might be divided into functional and non-functional requirements. Wiegers and Beatty [19] define the functional requirements (FR) as a description of a behavior that a system will exhibit under specific conditions, whereas non-functional requirements (NFR) describes a property or characteristic that a system must exhibit or a constraint that it must respect. Both functional and nonfunctional requirements will be listed and detailed in this section.

## INFORMATICA

First, we will detail the functional requirements of the PPMS. In Table 1 we can see that the most common category of indicators for project evaluation is profitability, although other frameworks also take into consideration some categories such as environmental and social. For each type of indicator there might be many criteria that could be used to assess a list of possible candidates for prioritization. For instance, NPV and IRR can be included in the profitability category. However, these are not all possible types of indicators and criteria. It is possible that some new regulation gets introduced and companies must urgently make their process fit this new requirement.

- FR1: user should be able to manage a type of indicator
- FR2: user should be able to manage a criteria of evaluation

The aim of the PPMS is to select the candidates that best fit the criteria of evaluation. After defining the types of indicator and the criteria, it is necessary to input the candidates, which can be registered without any restriction of time and quantity.

- FR3: user should be able to manage a list of candidates for the portfolio selection

To evaluate the candidates using the criteria a proper assessment scale is required. Saaty's scale (see Table 2) for AHP must be introduced into the system so that decision makers can rate all projects that compete for the company resources. Also, Saaty's scale could be modified by any authorized user.

- FR4: user should be able to manage Saaty's scale for AHP

As the evaluation criteria might have different importance or relevance, they must be weighted by the decision makers. PPMS is required to allow every decision maker to enter a weight for all criteria according to his point of view.

- FR5: decision maker should be allowed to enter the weights for every evaluation criteria
- FR6: PPMS should calculate the final criteria weight

All the project candidates should be evaluated by the decision makers. The software should have a form to allow these users to enter the required input for the project selection. Then, the system shall determine the final score for all projects.

- FR7: decision maker should be allowed to register the input for all projects regarding the evaluation criteria
- FR8: PPMS should determine the normalized score for every project
- FR9: PPMS should determine the weighted decision matrix
- FR10: PPMS should calculate the Ideal Solution (IS) and Non-Ideal Solution (NIS) following the TOPSIS approach.
- FR11: PPMS should calculate the distance between every candidate to the IS and NIS.
- FR12: PPMS should identify the prioritized portfolio
- FR13: user should be able to generate some report with the final prioritized portfolio from the system

The PPMS must also include some security features to prevent users from accessing non-authorized data. Access is granted by department according to the user needs, only users with granted access must be able to log in to the system.

- FR14: PPMS should authenticate users by a username and password
- FR15: PPMS should validate the access of the authenticated user inside the system

Unlike functional requirements, non-functional requirements are not always visible to the final users as they might represent some abstract feature or behavior, but they are as important as functional requirements. These are some of the non-functional requirements that must meet the PPMS:

- Usability: the software must possess a customer-oriented interface. The UI must be friendly, intuitive, and easy to use.

- Performance: the system should not take too long to respond to a user's request. The software must accomplish the following parameters:
  - identity validation in the log in form should not take longer than 3 seconds
  - report generation must not take longer than 5 seconds
  - save new record or save changes to an existing record must not take longer than 2 seconds
  - load any record or group of records should not take longer than 3 seconds
- Reliability: is related to the probability that a software operates failure-free. These are some of the metrics used to measure reliability in our PPPMS:
  - Mean Time to Failure (MTTF): average time between two successive failures. MTTF for this project must be 2 weeks.
  - Mean Time to Repair (MTTR): average time to fix a failure after it has been detected. MTTR for the project must be 2 days.
  - Probability of Failure on Demand (POFOD): it is the probability that the software will fail after a request made by the user. POFOD for this project must be 5%.
  - Availability (AVAIL): is the probability that the system will be available to use at a certain time. It must take into consideration the time to repair an error, and the time to restart the system. AVAIL for this project must be 95%.
- 
- Robustness: software must properly cope with errors during execution time and incorrect inputs. Validations must be included in the algorithms, all possible scenarios that generate an error must be taken into consideration.

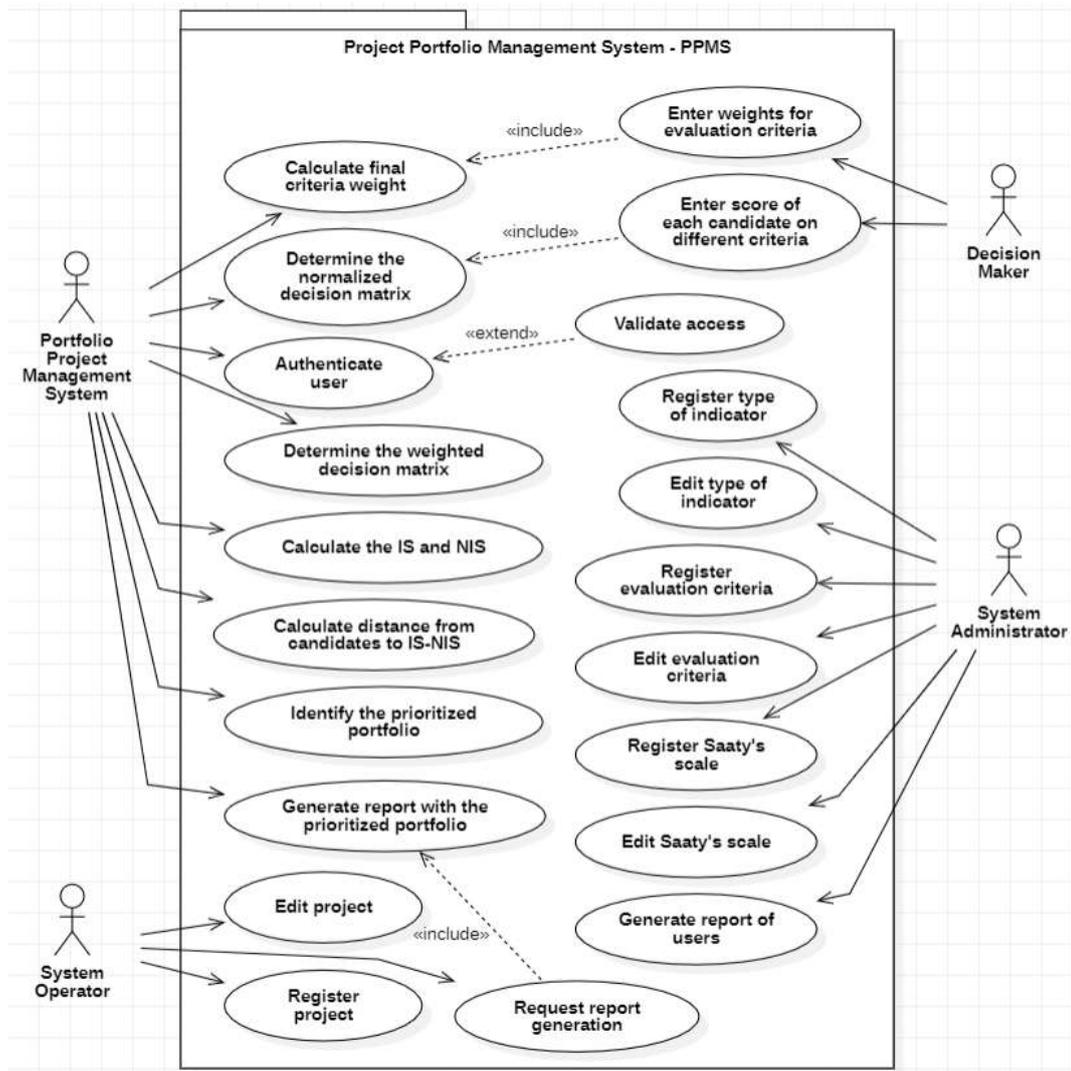
### 3.3. Software modeling

In this section we will show some graphics to illustrate the functionalities, design, and architecture of the PPMS. First, the following UML diagram will be used to model some of the most important views of the system: use case diagram, class diagram, and deployment diagram.

According to Bell [20], one of the purposes of UML was to provide a stable and common design language that could be used to develop and build computer applications.

A use case illustrates a unit of functionality provided by the system [20]. In Figure 5 you can see the use case diagram for the PPMS, in which the functional requirements have been included.

Basically, the use case diagram shows the features (use case) defined within the system and links them to the role (actor) who is responsible for their execution.



**Figure 5.** Use Case diagram for the PPMS

According to Bell [20], the class diagram (from UML) shows how the different entities (people, things, and data) relate to each other; in other words, it shows the static structures of the system. In Figure 6 you can see the class diagram for the PPMS, in which several entities have been identified from the functional requirements, and linked in accordance with their interaction. For instance, the entities Project and Portfolio are linked by a specific type of relation called Aggregation (part-whole relation), which implies that a Project is a part of a Portfolio but the existence of the part is not linked to the whole.

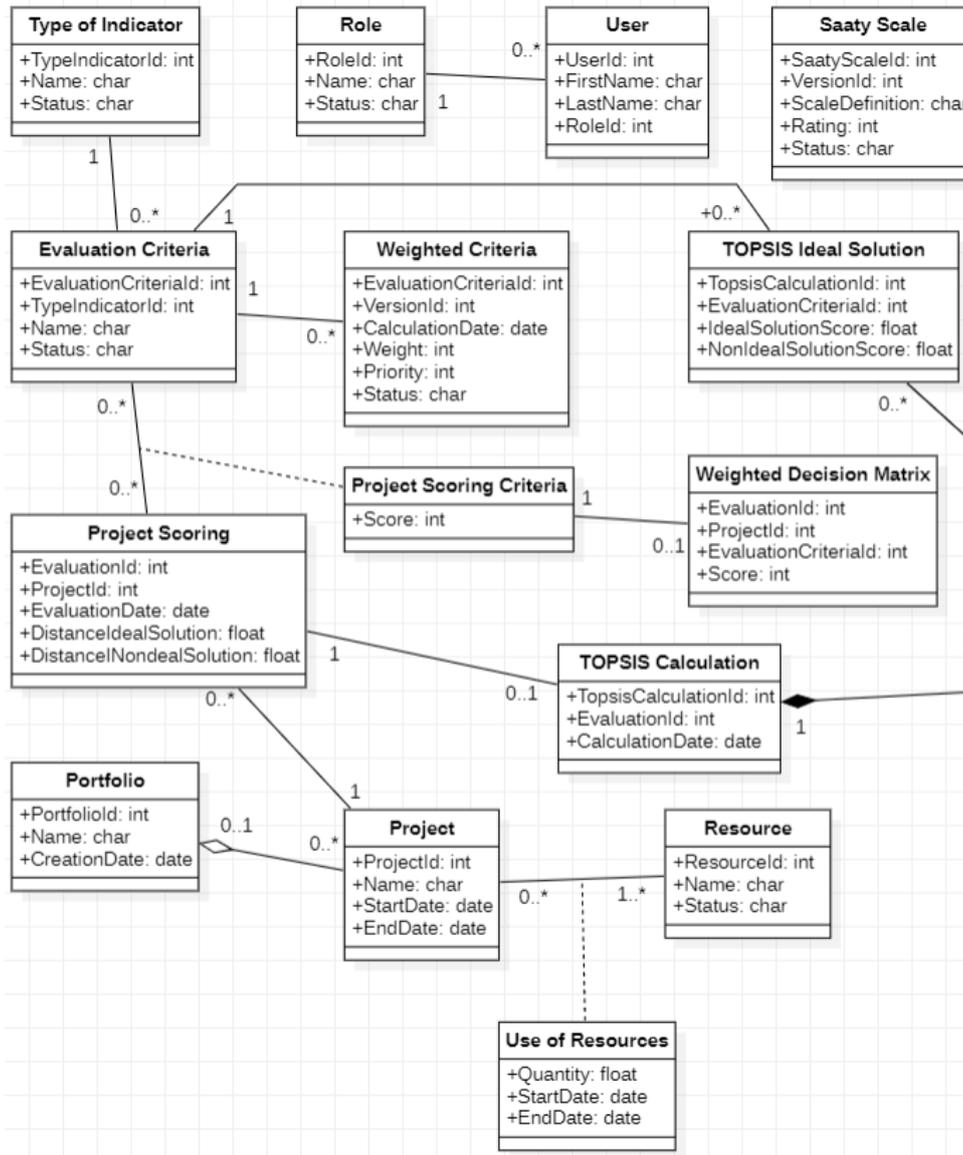
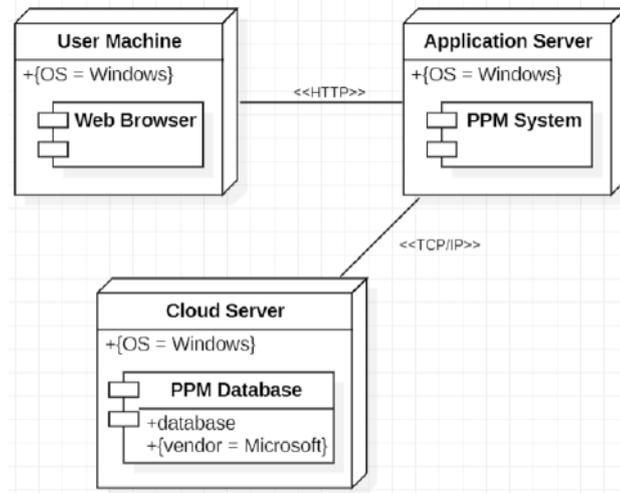


Figure 6. Class diagram for the PPMS

As stated by Bell [20], the purpose of the deployment diagram is to show where the different components of the system will physically run and how they will communicate with each other. In Figure 7 you can see the deployment diagram for the PPMS. The user will access the system by using the web browser in his local computer, the application will be hosted in the company application server. Finally, the application server will use TCP/IP to communicate with the database, which will be hosted in the cloud. We can also highlight that the architecture is built on Microsoft architecture, operating system and database management system.



**Figure 7.** Deployment diagram for the PPMS

### 3.4. Interface Prototype

Following the described functionalities and characteristics, we developed some prototypes of the forms to illustrate the user experience.

- Log in window: requires login credentials (user and password)



**Figure 8.** Log in window

- Project creation window: used for the registration of a new project. The software requires the user to enter relevant information such as project name, assigned portfolio, estimated initial and end dates of the project. In addition to the amount of resources needed which can be monetary, machinery, materials, human resources, etc. can also be entered.

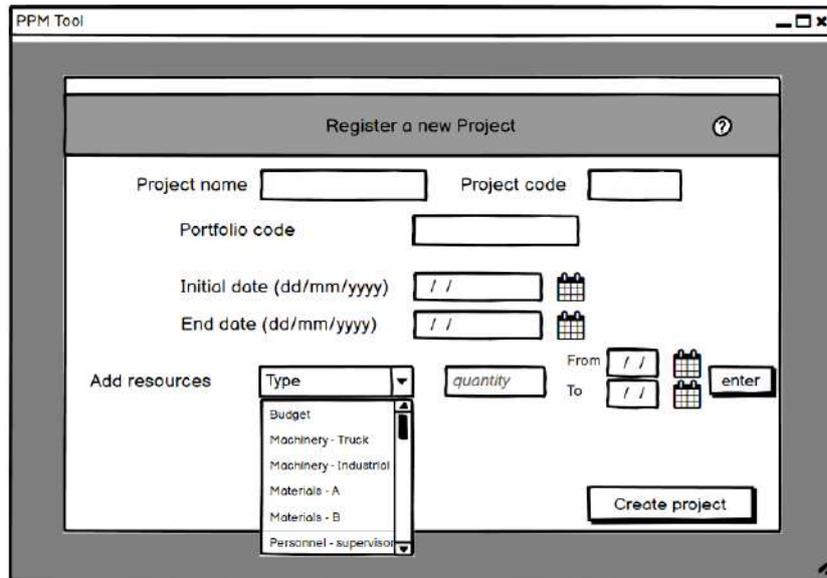


Figure 9. Project creation window

- Project selection and optimization window: it is possible to rank the projects among the portfolio. The first step (see Figure 10) is to enter the score per project and criteria in values that go from 0% to 100%. Next, the software will run the mathematical model and will give as an output the project prioritization as shown in Figure 11.

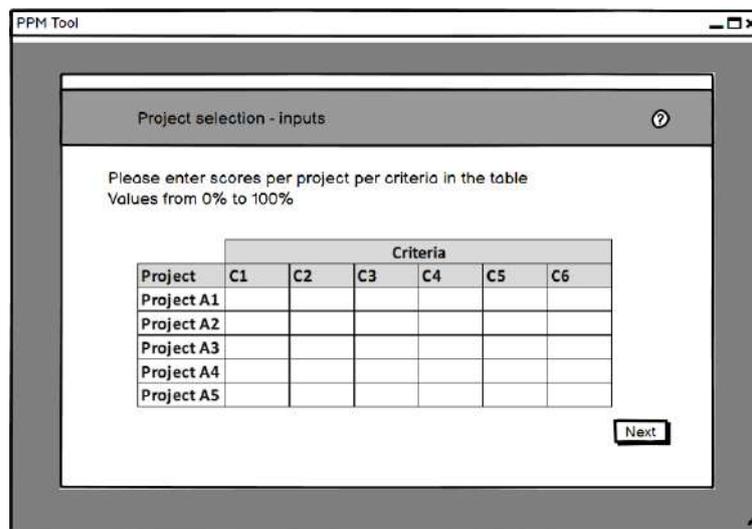


Figure 10. Enter score per Project/Criteria Window

The screenshot shows a window titled "PPM Tool" with a sub-header "Result - Project Portfolio Prioritization". Below the header, it states "Portfolio is shown in order of importance". A table lists five projects (A2 to A5) with their respective scores, priorities, best-in categories, and budgets. Each row has a "View more" button. At the bottom right, there is a "back to input selection" button.

|            | Score (0-1) | Priority | Best in           | Budget        |           |
|------------|-------------|----------|-------------------|---------------|-----------|
| Project A2 | 0.87        | 1        | Profitability     | \$ 45,000,000 | View more |
| Project A3 | 0.67        | 2        | Environmental     | \$ 21,000,000 | View more |
| Project A1 | 0.35        | 3        | Social and Legal  | \$ 31,000,000 | View more |
| Project A4 | 0.12        | 4        | Business Strategy | \$ 34,500,000 | View more |
| Project A5 | 0.04        | 5        | None              | \$ 11,000,000 | View more |

Figure 11. Results window

#### 4. DISCUSSION

The designed PPMS takes into consideration different contributions from various researchers in the field of PPM, being multi-criteria decision making, AHP and TOPSIS the most relevant influences for the proposed system. As a result, we have developed a software model for prioritizing projects, which also include the possibility to consider different categories of criteria for project evaluation. We base our model on the approach proposed by Ahriz et al. [11]. This new functionality offers flexibility for being applied in different industries although its application might be complicated due to the complexity of the mathematical model.

#### 5. CONCLUSIONS

A research based on text mining tools [1] positions Project Portfolio Management into the latest trends in project management. Multiple approaches on Project Portfolio Management System [4] [11] [12] [13] [14] [16] were analyzed for this article, most of them concur in the need of analyzing multiple factors while prioritizing projects using different mathematical models. PPMS can be very helpful by assisting organizations in the evaluation and selection of different candidates inside a project portfolio.

#### REFERENCES

- [1] K. W. & S. Wawak, "Evolution of project management studies in the XXI century," *International Journal of Managing Projects in Business*, Vols. IJMPB-01-2020-0002, 2020.
- [2] J. S. S. M. Anna Kaczorowska, "Portfolio approach to project management in creation of the organization's value," *MATEC Web Conf.*, vol. 252, 2019.
- [3] PMI, "What is Project Management?," 2022. [Online]. Available: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>. [Accessed September 2022].
- [4] S. X. Z. L. Majid Dezhkam, "Project portfolio management system, concepts and approach foundations," *IOP Publishing Ltd*, vol. Earth Environ. Sci. 310 052081, 2019.
- [5] R. Al-Maghraby, "Project Management Frameworks: Comparative Analysis," in *IPMA 2010 World Congress*, Istanbul, Turkey, 2010.

- [6] P. M. I. (PMI), PMBOK® Guide, 2021.
- [7] Association for Project Management, "What is agile project management?," 2021. [Online]. Available: <https://www.apm.org.uk/resources/find-a-resource/agile-project-management/>. [Accessed September 2022].
- [8] K. e. a. Beck, "The Agile Manifesto," 2001. [Online]. Available: <http://agilemanifesto.org/>. [Accessed September 2022].
- [9] S. Guy, "Philosophical makeover," *PM Network*, vol. 24(5), p. 38–42, 2010.
- [10] C. Bentley, PRINCE2™: A Practical Handbook, 2009.
- [11] S. A. e. al, "Cobit 5-Based Approach for IT Project Portfolio Management: Application to a Moroccan University," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 9.10.14569/IJACSA.2018.090416, 2018.
- [12] J. D. H. R. M. J. B. K. S. Junfeng Ma, "Sustainability Driven Multi-Criteria Project Portfolio Selection under the Uncertain Decision-Making Environment," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 140(2):106236, 2019.
- [13] R. M. Z. E. A. M. D. Driss El Hannachi, "Analysis and Design of a Project Portfolio Management System," *Canadian Center of Science and Education*, vol. 12(3), 2019.
- [14] K. Ratajová, "Strategic Management of a Project Portfolio in a Consulting Firm," *Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Institut ekonomických studií. Vedoucí práce Balcar, Petr.*, 2019.
- [15] Y. Z. Ruoxin Yan, "The Introduction of NPV and IRR," *Atlantis Press*, vol. Proceedings of the 2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022), 2022.
- [16] H. J. Mohammed, "The optimal project selection in portfolio management using fuzzy multi-criteria decision-making methodology," *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. DOI: 10.1080/20430795.2021.1886551, 2021.
- [17] Z. T. Edmundas Kazimieras, "Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 17:2, pp. 397-427, 2011.
- [18] W. S. Krzysztof Palczewska, "The fuzzy TOPSIS applications in the last decade," *Procedia Computer Science*, vol. 159, no. C, p. 2294–2303, 2019.
- [19] J. B. Karl Wieggers, *Software Requirements*, Microsoft Press, 2013.
- [20] D. Bell, "An Introduction to the Unified Modeling Language," IBM, 2003. [Online]. Available: <https://developer.ibm.com/articles/an-introduction-to-uml/>. [Accessed September 2022].



# Análisis biomecánico de la distribución de esfuerzos en prótesis articuladas médicas aplicada para una prótesis transfemoral

## *Biomechanical analysis of stress distribution in medical articulated prostheses applied for a transfemoral prosthesis*

Santiago Peña Alarcón<sup>1</sup>, Pedro D. Ruiz Salvador<sup>2</sup>, Manuel R. Ycarrayme San Miguel<sup>3</sup>, Carla X. Solorzano Cokchi<sup>4</sup>, Robert G. Castro Salguero<sup>5</sup>

RECEPCION: 23 de julio del 2022

ACEPTACION: 14 de noviembre del 2022

### RESUMEN

En este proyecto se realizará un estudio de la arquitectura de una prótesis médica articulada, específicamente una prótesis transfemoral, donde se estudiará la estructura de las uniones y distribución de esfuerzos en esta. También se hará análisis del diseño y comportamiento técnico, así como la calidad de la prótesis frente a la corrosión y deformación en relación al tiempo con ayuda de simulaciones con los programas a utilizar que son Inventor 2022 y Ansys CFX. Aquellos programas hacen el uso del método de cálculo de elementos finitos ya que este suele ser el más eficiente para análisis estructurales. Luego de hacer el análisis se logró concluir con los resultados que debido al diseño mecánico de la prótesis de pierna. Este cumpliría su cometido para el uso diario, sin embargo, las limitaciones podrían generar un problema deformativo en el centro de giro al aplicarse la prótesis para situaciones no admisibles del diseño, como lo podría ser correr o saltar y actividades físicas deportivas. Cada prótesis requiere de un diseño personalizado en cuanto el peso, estatura y edad de la persona que utiliza, esto también converge con la masa corporal o índice de grasa que modifica la fuerza a soportar por la pierna, y el costo variara mucho dependiendo de los materiales para su fabricación y a la persona a quien se le va dirigido.

**Palabras claves:** Prótesis articulada, prótesis transfemoral, distribución de esfuerzos, Inventor, Ansys CFX

### ABSTRACT

In this project, a study of the architecture of an articulated medical prosthesis will be carried out, specifically a transfemoral prosthesis, where the structure of the joints and distribution of efforts in it will be studied. There will also be analysis of the design and technical behavior, as well as the quality of the prosthesis against corrosion and deformation in relation to time with the help of simulations with the programs to be used that are Inventor 2022 and Ansys CFX. Those programs make use of the finite element calculation method since this is usually the most efficient for structural analysis. After doing the analysis it was possible to conclude with the results that due to the mechanical design of the leg prosthesis. This would fulfill its mission for daily use, however, the limitations could generate a deformative problem in the center of rotation when applying the prosthesis for situations not admissible of the design, such as running or jumping and sports physical activities. Each prosthesis requires a personalized design in terms of the weight, height and age of the person used, this also converges with the body mass or fat index that modifies the force to be supported by the leg, and the cost will vary greatly depending on the materials for its manufacture and the person to whom it is addressed.

**Keywords:** Articulated prosthesis, transfemoral prosthesis, stress distribution, Inventor, Ansys CFX.

<sup>1</sup> Estudiante del sexto ciclo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Voluntario en el Robotics and Automation Society RAS-IEEE 2022 de la URP. <[santiago.pena@urp.edu.pe](mailto:santiago.pena@urp.edu.pe)>

<sup>2</sup> Estudiante del sexto ciclo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. <[pedro.ruiz@urp.edu.pe](mailto:pedro.ruiz@urp.edu.pe)>

<sup>3</sup> Estudiante del sexto ciclo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Email: <[manuel.ycarrayme@urp.edu.pe](mailto:manuel.ycarrayme@urp.edu.pe)>

<sup>4</sup> Estudiante del séptimo ciclo de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Certificación de Excel en Cibertec y conocimientos en diseño CAD/CAM. <[201910600@urp.edu.pe](mailto:201910600@urp.edu.pe)>

<sup>5</sup> Docente de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma, docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional de Ingeniería, Ingeniero Mecánico-Electricista y candidato a Maestro en Automática e Instrumentación. <[robert.castro@urp.edu.pe](mailto:robert.castro@urp.edu.pe)>

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años han surgido cada vez más enfermedades, muchas de las cuales no pueden ser tratadas mediante medicamentos y requieren de la intervención quirúrgica para extraer los tejidos dañados. Asimismo, con el incremento de accidentes y el aumento de guerras, se puede llegar al extremo de lastimar extremidades que deban ser amputadas para salvar a la víctima.

La biomecánica es una ciencia que utiliza los conocimientos de mecánica, ingeniería, anatomía, histología y fisiología para el estudio del movimiento con el objetivo de solucionar los problemas anatómicos y de movimiento que surgen de diversas condiciones a las que está sometido el cuerpo en las diversas actividades de la vida [1].

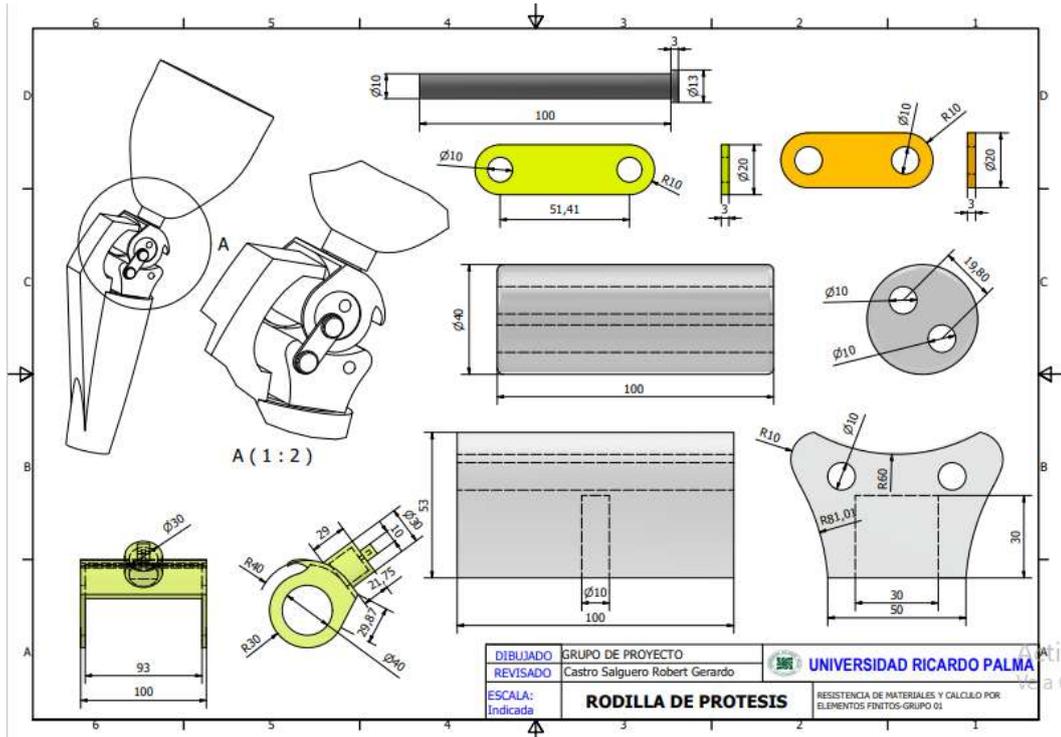
Actualmente, gracias a los estudios realizados por la biomecánica en el cuerpo humano, ha sido posible el desarrollo de prótesis que sirven para reemplazar y simular el funcionamiento de una extremidad que se ha tenido que extraer en una intervención quirúrgica.

Una prótesis, en definitiva, es un elemento artificial que se integra en el cuerpo con la finalidad de reemplazar un órgano o una extremidad que, por algún motivo, falta. El objetivo es que la prótesis cumpla una función similar a la que desarrollaba, o debería desarrollar, aquello que está ausente. Existen diferentes tipos de prótesis con finalidades también diversas. Una de ellas es la prótesis transfemoral, que es una prótesis de pierna diseñada para sustituir el miembro inferior del cuerpo humano por encima de la rodilla. Su propósito es sustituir de forma artificial la sección faltante de la pierna, lo que incluye parte del fémur, rodilla, ante pierna y pie [2].

Una prótesis transfemoral se conforma por un encaje protésico (socket), suspensión, una interfase, una articulación de rodilla, fundas cosméticas, una unidad de tubo y un pie protésico. Existen diversos materiales que se adaptan a las necesidades de cada paciente. La indicación debe cumplir con 2 requerimientos: favorecer una marcha con el menor gasto energético y cumplir con características de material que favorezcan una prótesis liviana para usar [9]. De esta manera se busca que los pacientes puedan recuperar la capacidad de ponerse de pie, caminar, correr o cualquier otra actividad independiente.

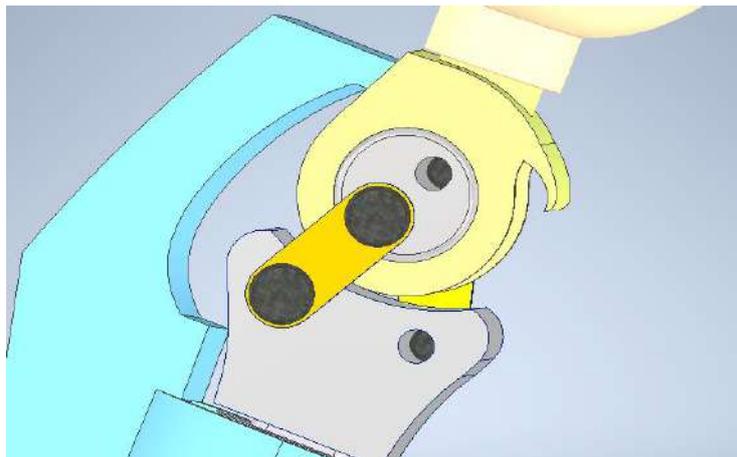
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo inicial consistió en la recopilación de información anatómica y biomédica para la creación de un diseño protésico simple, que brinde una completa vista de la ergonomía, rigidez y peso de otros diseños protésicos más sofisticados, para esto se escogió diseñar una prótesis transfemoral. El modelo presentado en la figura 1 muestra los planos del desarrollo del diseño de la prótesis, en mm, si bien se presentaron otros modelos alternativos con mayor eficiencia en cuanto el uso o comodidad del usuario, se tiene que destacar que la meta del diseño es estrictamente analítica y de estudio [4][8].



**Figura 1.** Plano de prótesis en Inventor

El diseño ofrecido cumple con las condiciones de una prótesis común y económica, pero idealizada en cuanto a sistema con fuerzas trabajando sobre este [6]. Como se muestra en la figura 2, el acoplamiento de juntas atornilladas cuenta con una capacidad giratoria de 120° a 180° desde el soporte tibial artificial, límites de extensión y flexión en la figura 3 y 4. El modelo trató de centrarse en la simplicidad del movimiento giratorio y la resistencia del material de las juntas para mantener el peso del paciente.

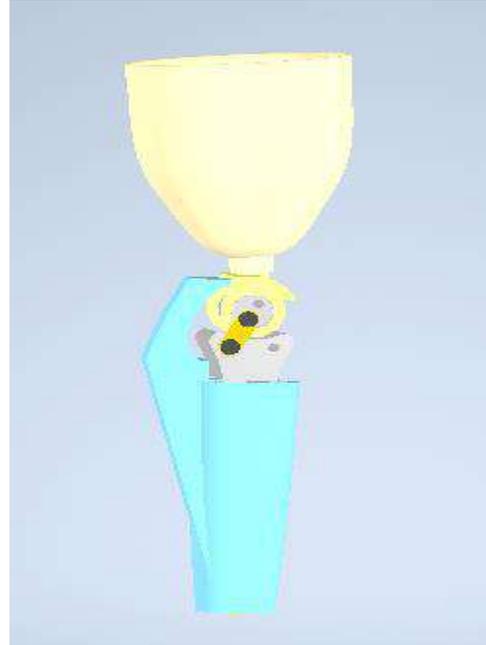


**Figura 2.** Vista lateral de la rodilla protésica

Como referencia de los valores condicionantes de las fuerzas externas de la prótesis se tomaron los resultados del estudio de Beauce [3]. Se seleccionó un modelo de entre los 1.60 a 1.70 m de altura con un peso idóneo de 68 kg, para una prótesis de aproximadamente una altura total de 62.035 cm y de 8.169 kg (con un error relativo = 0.474455%) de material de fibra de carbono, aluminio, acero y de resina fenólica. [5][10][11]. La simulación se realizó con la herramienta de software Autodesk Inventor en el entorno de análisis estructural y de tensión. El método utilizado fueron los elementos finitos para optimizar las proporciones correctas de los componentes en cuanto el estrés, deformación y tensión, para, así, optimizar la vida útil de la prótesis frente a sus respuestas simuladas [12].



**Figura 3.** Vista de la prótesis completa flexionada a 120°



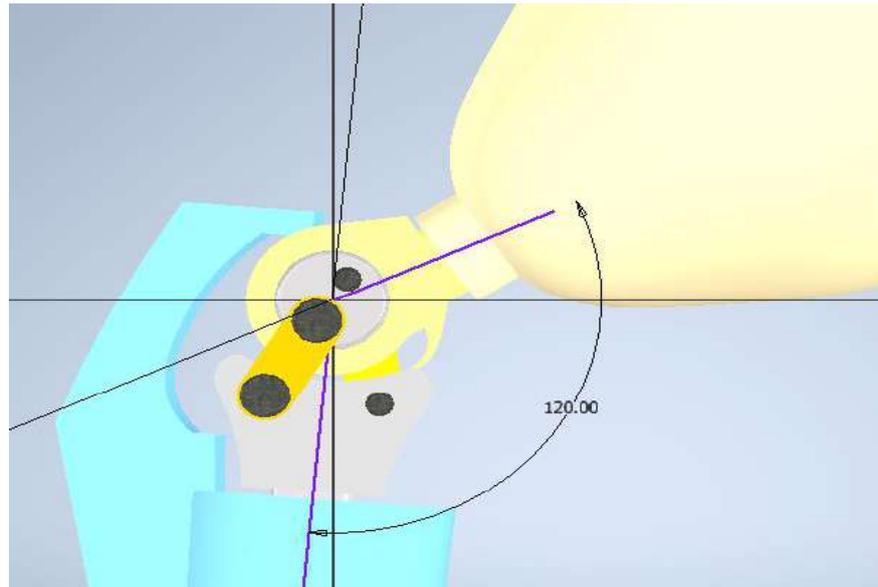
**Figura 4.** Vista de la prótesis completa extensión a 180°

### 3. RESULTADOS

Se obtuvo que los ángulos de giro del diseño fueron limitados entre los 30° y 90°, por lo que la marcha es capaz de ejecutarse para el mecanismo articulado a juntas. La restricción de este giro supera a los 120° para la flexión, pero limita a los 180° de la extensión.

Debido al diseño mecánico, esta marcha en lo regular cumpliría su cometido para el uso diario; sin embargo, las limitaciones podrían generar un problema deformativo en el centro de giro al aplicarse la prótesis para situaciones no admisibles del diseño, como correr o saltar. En la figura 5, podemos ver el ángulo máximo de giro frente a las juntas y la presión que ejerce el mecanismo para evitar un movimiento de extensión mayor al máximo ángulo.

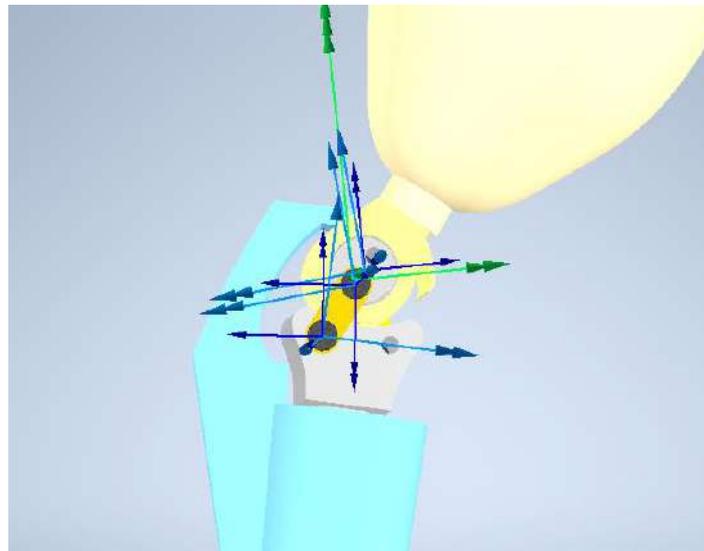
En caso de que esta flexión se quisiera mejorar, se requeriría de un nuevo diseño mecánico de diferentes proporciones técnicas.



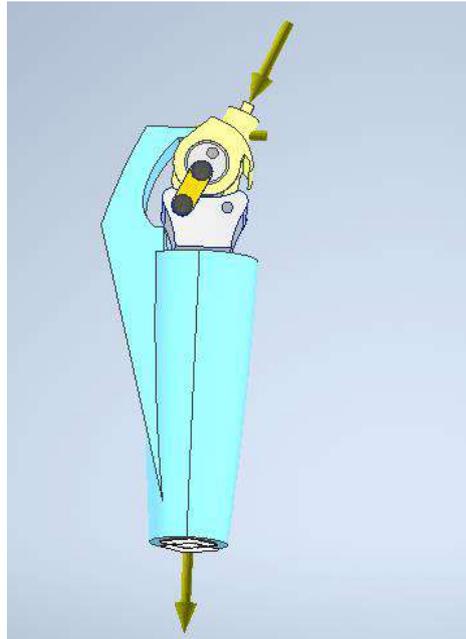
**Figura 5.** *Ángulo de flexión de la prótesis*

### 3.1. Análisis de Esfuerzos

Para el análisis de esfuerzos se tomó como fuerza máxima 333.54 N en diferentes grados en el ciclo de la marcha, el modelo considerado correspondió a una persona de 1.65 m con 68 kg de peso, peso ideal para la talla indicada. Las fuerzas concéntricas que actúan en el eje de la rodilla se observan en la figura 6, este siendo un modelo ideal de fuerzas actuantes en el movimiento de la pierna. El análisis de este modelo se observará de mejor forma en el entorno simulado de análisis de tensión. La figura 7 en contraste muestra las fuerzas cuando el modelo se encuentra en un estado estático [4].



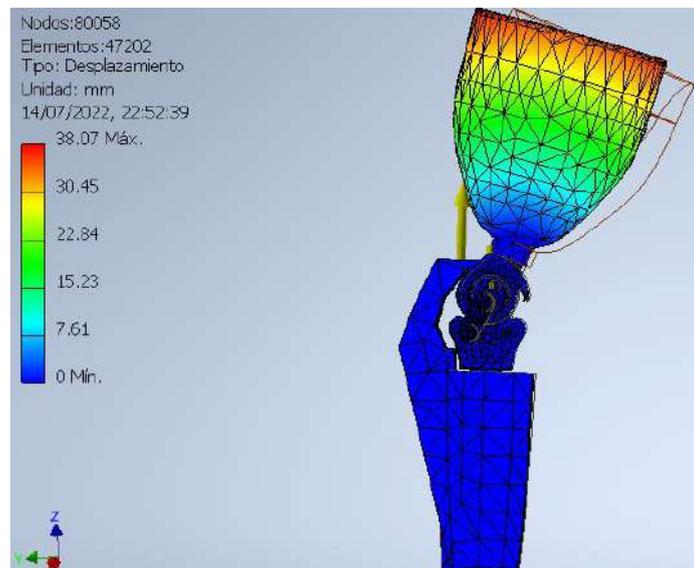
**Figura 6.** *Modelo de fuerzas concentradas en el movimiento de la rodilla protésica*



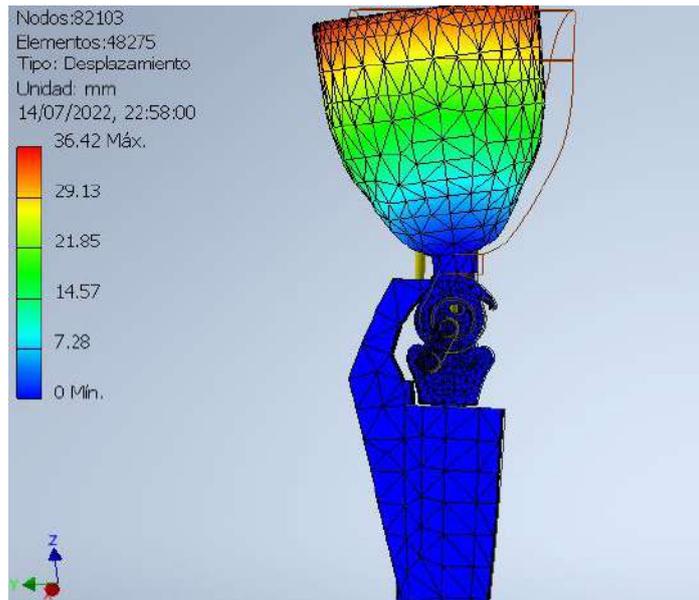
**Figura 7.** Fuerzas resultantes del estado estático de la prótesis

### 3.2. Cálculo de Elementos Finitos

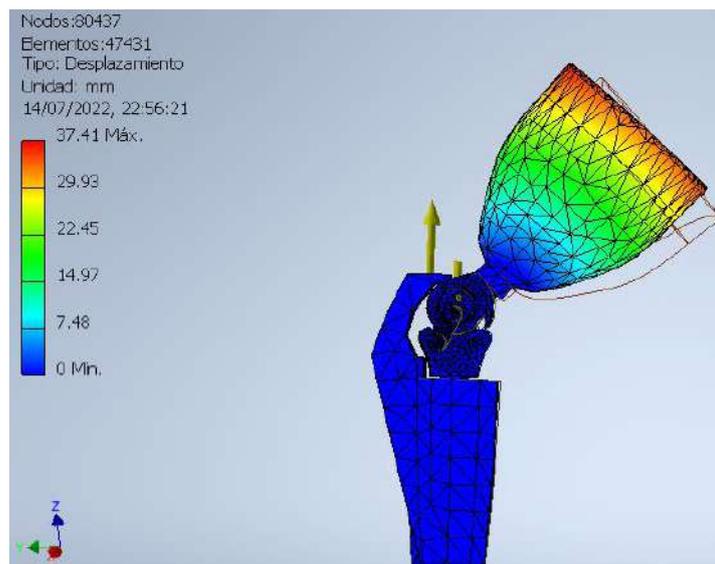
Para el cálculo de elementos finitos, el método de mallado fue de 8 nodos y con un área por elemento de 0.5 mm. Se realizó el análisis de convergencia a 1 Hz para determinar el desplazamiento de los nodos y obtener resultados correctos en cuanto a deformaciones. En las figuras 8, 9 y 10, se puede visualizar la toma del análisis de tensión cuando la pierna se encuentra en la marcha a tres tomas diferentes de flexión y/o extensión, con el fin de observar el desplazamiento máximo a tener en cuenta en el movimiento rotativo de la pierna frente a las fuerzas actuantes.



**Figura 8.** Análisis de flexión de 168° en marcha



**Figura 9.** *Análisis a extensión completa de 180°*

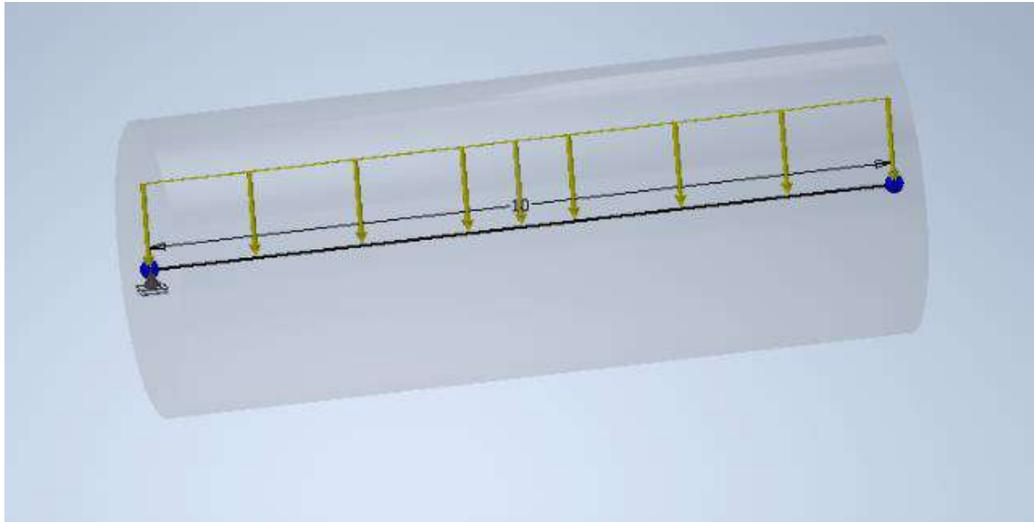


**Figura 10.** *Análisis a flexión completa de 120°*

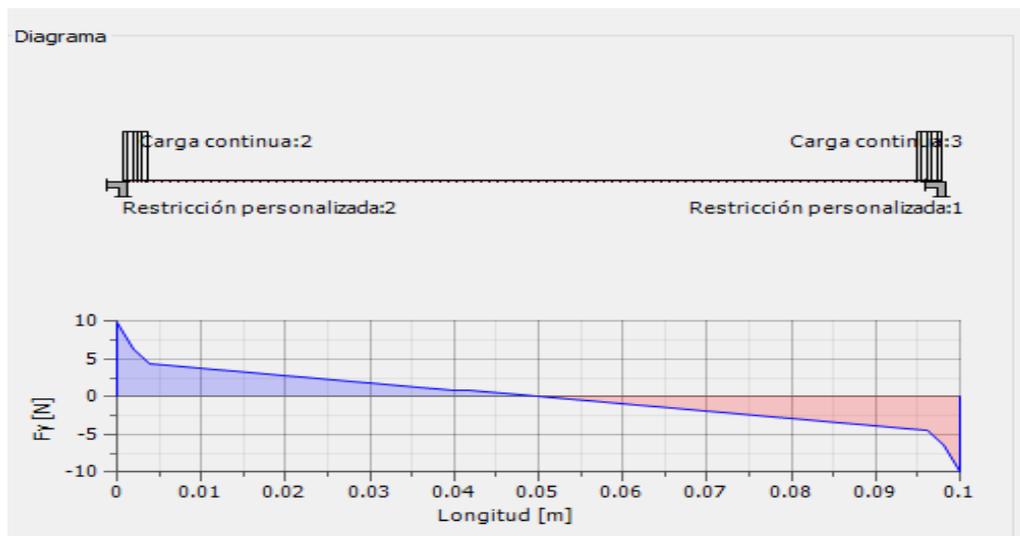
### 3.3. Diagramas de Esfuerzo

Otro análisis a realizar son los diagramas de esfuerzo de las juntas implicadas y de los tornillos. Debido a que el desgaste se encuentra más frecuente en estos, tratamos de alargar la vida útil para cada uno modificando las fuerzas presentes según sus proporciones físicas. El soporte tibial y soporte femoral son donde mayor esfuerzo se acumula por el diseño, para la distribución de este consideramos a las juntas un valor de carga distribuida por todo el material.

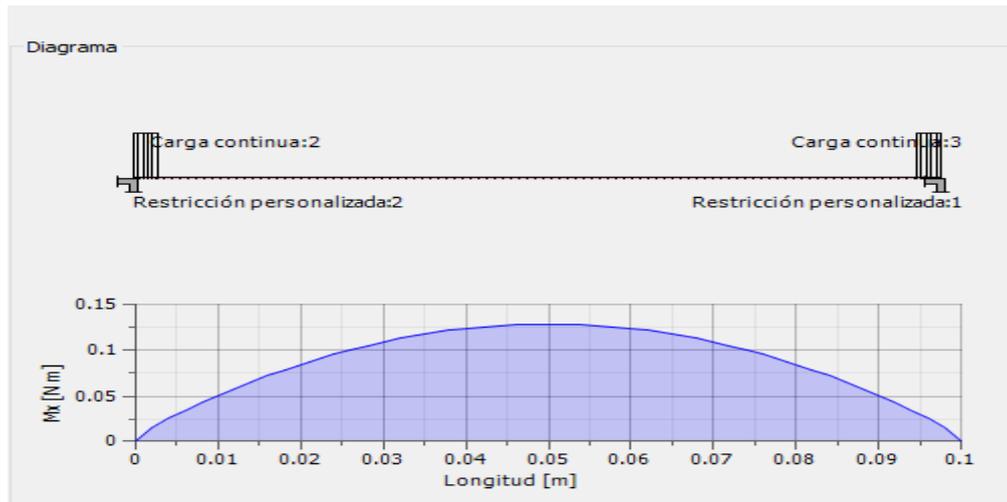
Empezando por el eje concéntrico que soporta parte del peso de la persona más el peso de la resina fenólica adherida a la conexión del soporte giratorio. La figura 11 muestra el eje de la rodilla protésica con la carga distribuida del peso a esto le sumamos las juntas atornilladas para tener los extremos empotrados.



**Figura 11.** Fuerzas en eje de rodilla protésica

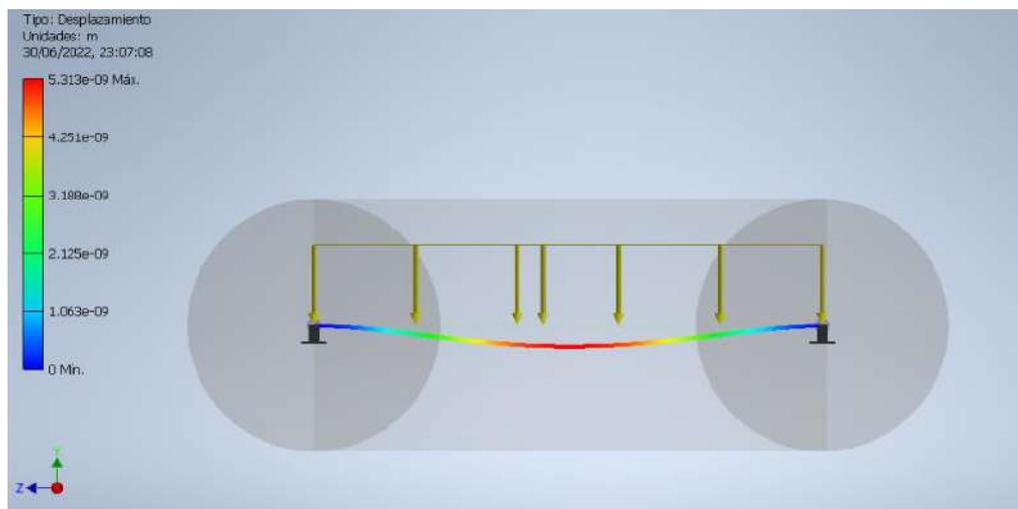


**Figura 12.** Diagrama de fuerzas cortantes en eje

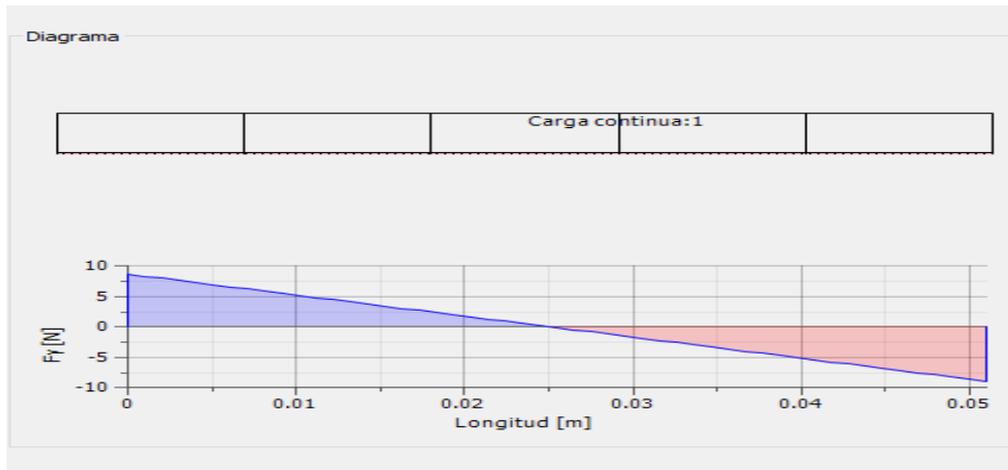


**Figura 13.** Diagrama de momentos en el eje

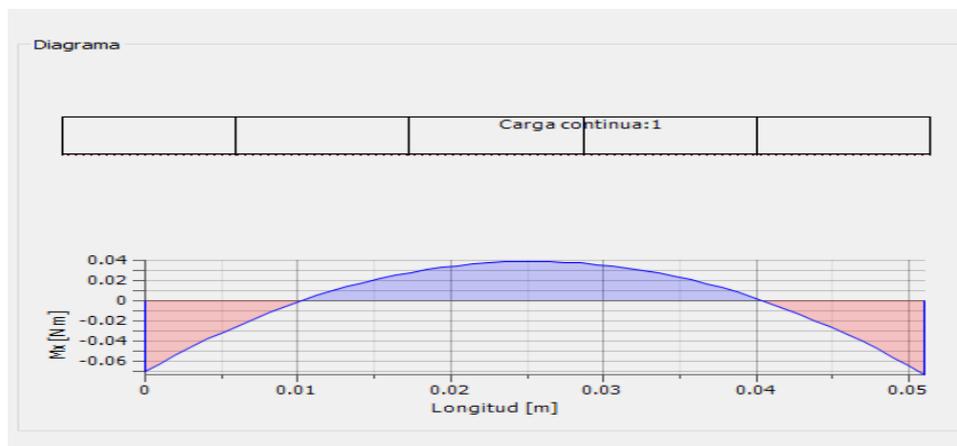
Con el análisis estructural se consiguieron los diagramas de las figuras 12 y 13, con los que se obtuvo el esfuerzo máximo de 0.020 MPa en condiciones de flexión neutral. De la misma forma, se repite lo mismo para las juntas de acero y se obtuvo que el esfuerzo máximo para estas juntas será 0.144 MPa y el desplazamiento máximo será de  $3.099 \text{ e-}11 \text{ m}$ .



**Figura 14.** Análisis de fuerzas en las juntas



**Figura 15.** Diagrama de fuerzas cortantes en las juntas

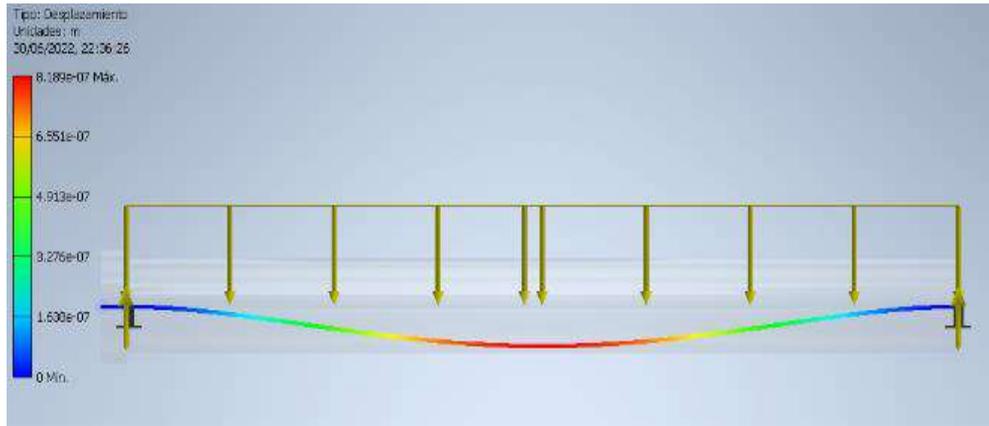


**Figura 16.** Diagrama de momentos en la junta

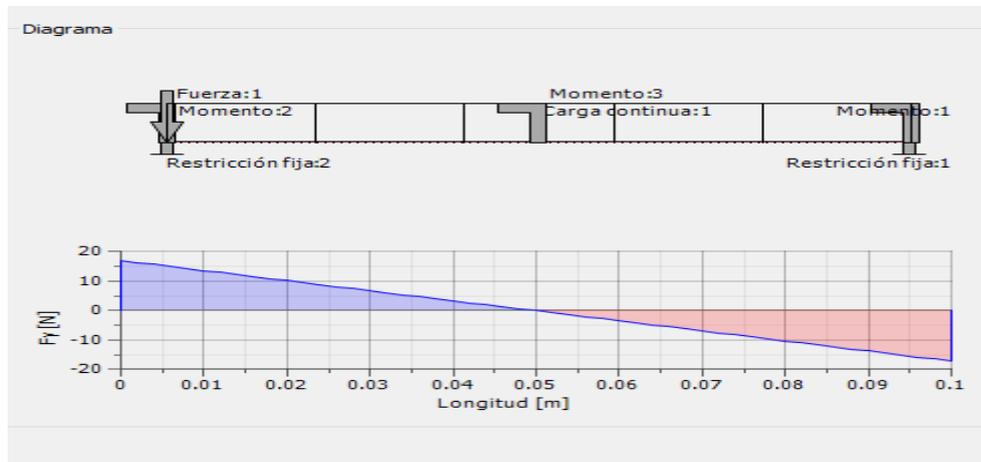
Para el desarrollo de los tornillos se tomaron de igual forma una carga distribuida del peso más el peso de las juntas y la resina, al igual que las reacciones contra las extremidades de cada lado del tornillo donde se aprecia mayor presión.

El primer modelo mostrado en la figura 17 tuvo un desplazamiento de  $8.189 \times 10^{-7}$  m como máximo y según las figuras 18 y 19 obtenidas del análisis estructural este es de 2.110 MPa como esfuerzo máximo permisible.

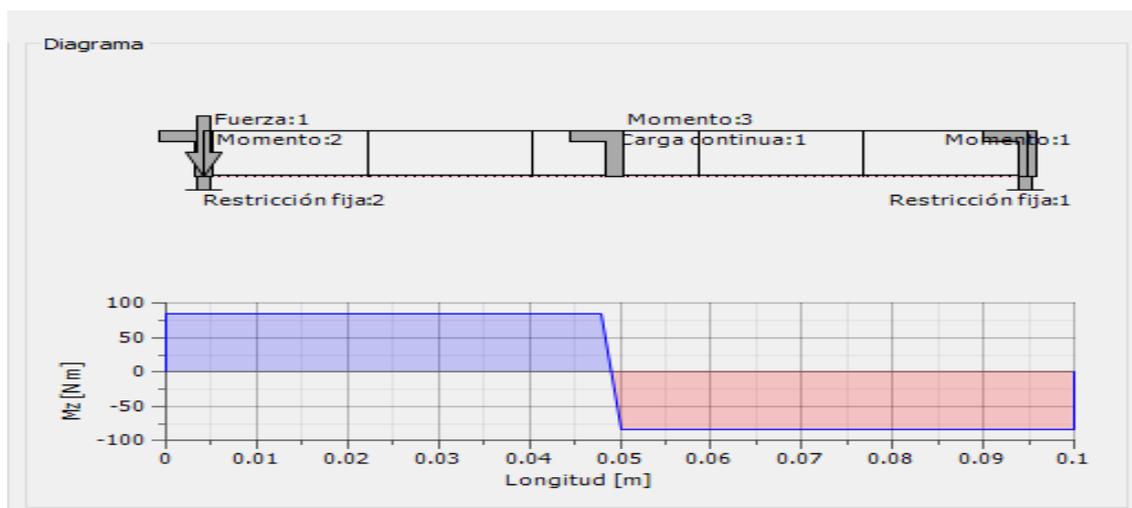
Con el fin de mejorar estos valores se propuso cambiar la proporción del tornillo y fijar las tensiones en el inicio de la articulación, como se ve en la figura 20.



**Figura 17.** Diseño de fuerzas en la conexión atornillada



**Figura 18.** Diagrama de fuerzas cortantes en la conexión atornillada



**Figura 19.** Diagrama de momentos en la conexión atornillada

Esto dio como resultado que se ampliara el esfuerzo permisible según las figuras 21 y 22 a 3.114 MPa y que el desplazamiento máximo solo sea de 7.496 e-7 m.

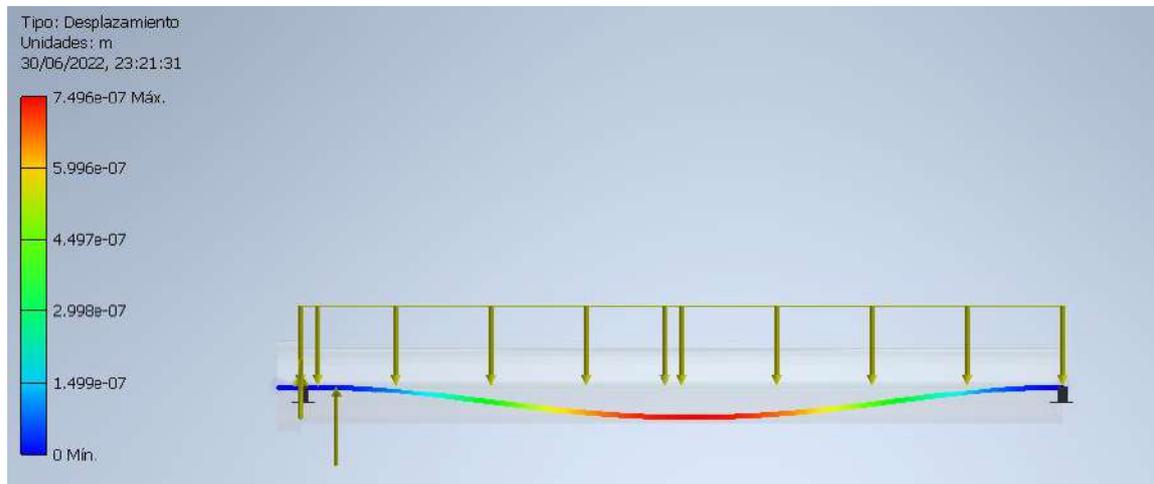


Figura 20. Diseño mejorado de fuerzas en la conexión atornillada

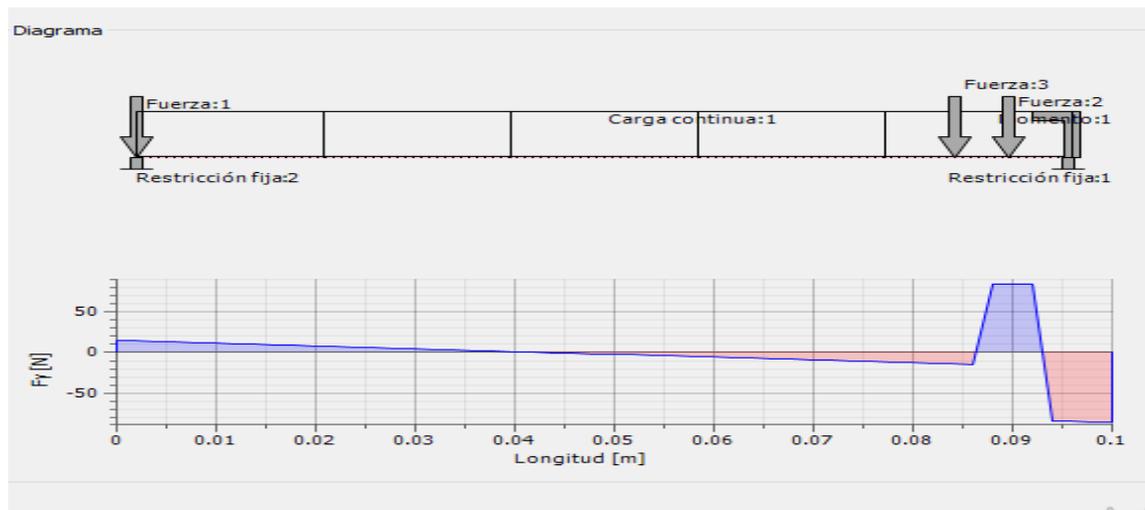


Figura 21. Diagrama de fuerzas cortantes en la conexión atornillada

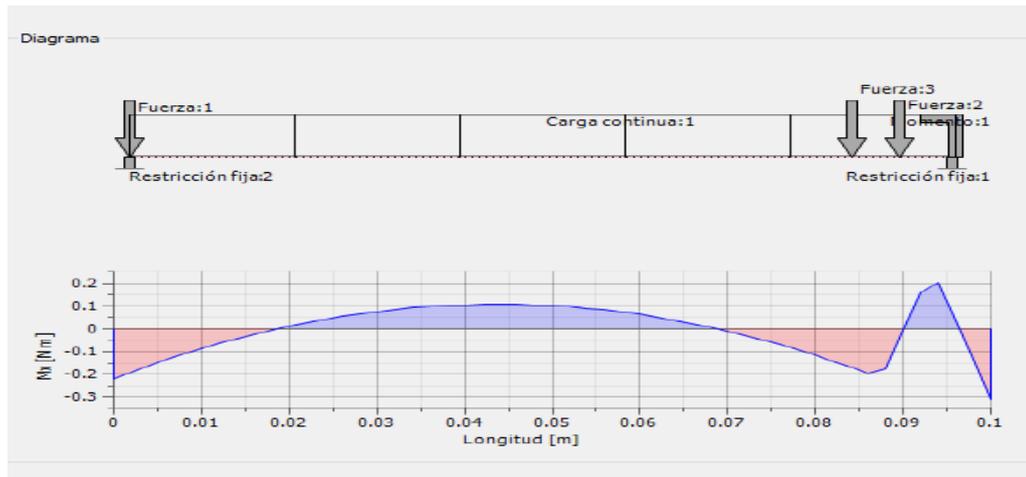


Figura 22. Diagrama de momentos en la conexión atornillada

#### 4. CONCLUSIONES

- Se estudió el concepto de una prótesis transfemoral y así se determinó los parámetros de evaluación, siendo dichos parámetros los más importantes al momento de la realización del presente trabajo.
- Cada una de las simulaciones fueron realizadas para contrarrestar la eficiencia de cada componente propio de la prótesis en su momento de armado, por lo que las condiciones de cada parte están sesgadas por valores estáticos e idealizados.
- Cada prótesis requiere de un diseño personalizado en cuanto el peso, estatura y edad de la persona que utiliza, esto también converge con la masa corporal o índice de grasa que modifica la fuerza a soportar por la pierna o la selección de un centro de gravedad propio, el trabajo no contempla alteraciones personales en cuanto a medidas anatómicas, pero si valores promedios e ideales en la simulación.
- En el resultado final podemos observar que la relación que hay entre las proporciones del tornillo y el esfuerzo máximo es directamente proporcional, mientras que es inversamente proporcional con el desplazamiento máximo.
- Con el análisis estructural se obtuvo un esfuerzo máximo de 0.020 MPa en condiciones de flexión neutral, de la misma forma repetimos lo mismo para las juntas de acero. Obteniendo que el esfuerzo máximo para estas juntas será de 0.144 MPa y el desplazamiento máximo será de  $3.099 \times 10^{-11}$  m.
- Para el desarrollo de los tornillos se obtuvo un esfuerzo permisible de 3.114 MPa y que el desplazamiento máximo solo sea de  $7.496 \times 10^{-7}$  m.
- Se espera en un futuro mejorar el prototipo mediante el uso de materiales ligeros y pruebas funcionales de simulación que aseguren su implementación, logrando de esta manera que las personas puedan adquirirlo y mejorar su calidad de vida.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] "Definición – Qué es Biomecánica". Fisioonline rodo sobre fisioterapia. <https://www.fisioterapia-online.com/glosario/biomecanica> (accedido el 18 de junio de 2022)
- [2] "Prótesis transfemoral". Especialistas en Prótesis. <https://miprotesis.mx/protesis-transfemoral/> (accedido el 18 de junio de 2022).
- [3] G. Beauce, "Índice de masa corporal, peso ideal y porcentaje de grasa corporal en personas de diferentes grupos etarios", Revista Digital de Postgrado, vol. 11, n.º 1, agosto de 2021. Accedido el 17 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.37910/rdp.2022.11.1.e331>

- [4] Ballit, "Design and manufacturing process optimization for prosthesis of the lower limb", PhD Thesis, Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, 2020. Accedido el 20 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.theses.fr/2020COMP2589/abes>
- [5] C. Quintero-Quiroz y V. Z. Pérez, "Materials for lower limb prosthetic and orthotic interfaces and sockets: Evolution and associated skin problems", *Revista de la Facultad de Medicina*, vol. 67, n.º 1, pp. 117–125, enero de 2019. Accedido el 12 de junio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n1.64470>
- [6] F. V. Valencia Aguirre y F. Olmedo, "Diseño y simulación de una articulación de rodilla para prótesis externa usando herramientas CAD-CAE", *Biomecánica*, vol. 24, pp. 39–54, 2016. Accedido el 22 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.5821/sibb.24.1.4833>
- [7] J. Sánchez, R. J. Hernández y J. E. Torres, "Diseño mecánico para una prótesis transfemoral mediante el uso de herramientas computacionales y metodologías de diseño", *Ingeniería e Investigación*, vol. 32, n.º 3, pp. 14–18, diciembre de 2012.
- [8] Barr, S., & Howe, T. E. (2018). Prosthetic rehabilitation for older dysvascular people following a unilateral transfemoral amputation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(10). <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005260.pub4>
- [9] "Diseño personalizado para prótesis transfemoral interbionic". Interbionic. <https://interbionic.mx/protesis-transfemorales/> (accedido el 22 de junio de 2022).
- [10] "Conoce los materiales más utilizados en prótesis | Mediprax". Mediprax Artículos ortopédicos en Puebla. <https://mediprax.mx/conoce-los-materiales-mas-utilizados-en-protesis> (accedido el 18 de junio de 2022).
- [11] J. E. Uellendahl, "Prosthetic primer: Materials used in prosthetics", *Amputee Coalition Organization*, vol. 8, n.º 6, diciembre de 1998.
- [12] J. Cornejo et al., "Anatomical Engineering and 3D printing for surgery and medical devices: International review and future exponential innovations," *Biomed Res. Int.*, vol. 2022, p. 6797745, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6797745>



# PLANEACIÓN Y SIMULACIÓN DE TRAYECTORIA DE UN ROBOT DE 6 GRADOS DE LIBERTAD PARA SOLDADURA TIPO MIG DE TANQUES CILÍNDRICOS

## *PLANNING AND SIMULATION OF THE TRAJECTORY OF A ROBOT WITH 6 DEGREES OF FREEDOM FOR MIG TYPE WELDING OF CYLINDRICAL TANKS*

**Paul O. Ramirez Zamudio<sup>4</sup>, Juan D. Sánchez Agreda<sup>5</sup>**

**Ricardo J. Palomares Orihuela<sup>6</sup>**

RECEPCION: 23 de julio de 2022  
ACEPTACION: 10 de noviembre de 2022

### RESUMEN

El presente trabajo se centra en el modelado de un robot Antropomórfico de 6 grados de libertad y su posterior control cinemático para la soldadura tipo MIG de tanques cilíndricos de fermentación. Este robot cuenta con 4 eslabones y 6 articulaciones, tres de ellos para el posicionamiento del brazo y las otras tres para la orientación de la muñeca. Usando el programa de Solidworks se diseñó el robot teniendo en cuenta el área de trabajo y la medida estándar de tanques cilindros. El robot realiza la soldadura de forma circular para la tapa o base de un tanque con diámetro de 1100 mm. Los puntos de la trayectoria fueron predeterminados por el diseñador y el usuario define los puntos de muestreo para la interpolación polinómica con la

finalidad de realizar un seguimiento suave y controlado de la trayectoria de la soldadura del robot manipulador. El planteamiento y simulación del proyecto permitirá realizar y plantear trabajos a futuros en los cuales se usen dichas técnicas de soldadura automatizada en la manufactura y fabricación no solo de tanques sino también en la fabricación de elementos de máquinas más complejas dentro de la industria alimentaria como soldadura de ejes y polines para maquinas transportadoras dentro de la industria metalmecánica de Trujillo.

**Palabras claves:** MIG, trayectoria, manipulador, interpolación, soldadura

<sup>4</sup> Egresado de la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo. Conocimientos en temas relacionados a la Robótica, Automatización y Control. <pramirez@unitru.edu.pe>

<sup>5</sup> Egresado de la escuela de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo. Especializado en el diseño mecánico dentro de la industria alimenticia. Experto en diseño en el software SolidWorks Profesional. <jsanchez@unitru.edu.pe>

<sup>6</sup> Ingeniero Mecatrónico de la Universidad Nacional de Ingeniería, doctor en Ciencias de la Educación, magister en Ciencias de la Educación con mención en Docencia Universitaria y maestría en Ciencias de la Electrónica con mención en Ingeniería Biomédica. Docente de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Trujillo y la Universidad Ricardo Palma. Senior Member IEEE. Miembro Profesional RAS, EMBS, ComSoc y EduSoc - IEEE. Investigador RENACYT – Grupo Carlos Monge IV. <rpalomares@ieee.org>

**ABSTRACT**

The current work focuses on the modeling of an Anthropomorphic robot with 6 degrees of freedom and its subsequent kinematic control for Metal Inert Gas (MIG) welding of cylindrical fermentation tanks. This robot has 4 links and 6 joints, three of them for the positioning of the arm and the others for the orientation of the wrist. Using SolidWorks program, the robot was designed considering the workspace and the standard measurement of cylinder tanks. The robot performs circular welding for the lid or base of a tank with a diameter of 1100 mm. The path points were predetermined by the designer and the user defines the sampling points for polynomial interpolation in order to make a smooth and controlled tracking of the robot manipulator

welding path. The proposal and simulation of the project will allow carrying out and planning future work in which these automated welding techniques are used not only in tanks but also in manufacturing of elements from machines more complex inside of food industries like axle and idler welding for conveyor machines at the metalworking Trujillo Industry.

**Keywords:** MIG, trajectory, manipulator, interpolation, welding

**1. INTRODUCCIÓN**

La soldadura es uno de los procesos más importantes en la industria metal-mecánica, debido a que este proceso permite la unión o fijación de piezas y elementos metálicos que posteriormente se pretenden ensamblar o fabricar. La soldadura más usada en la industria es el tipo MIG (Metal Inert Gas) aplicado en materiales no ferrosos. Este proceso permite trabajar con productos de geometrías relativamente complejas y que las uniones requieran soportar altas cargas o esfuerzos. Sin embargo, para lograr un proceso de soldadura adecuado, se necesita mucha precisión y control para realizar uniones [1].

Normalmente, el proceso de soldado MIG se suele realizar de manera manual, pero esto recurrentemente ocasiona inconvenientes a largo plazo en la manufactura de alta demanda. Entre los más resaltantes están la baja eficiencia y tiempos elevados de producción, así como los problemas de salud en los operarios, que ocasionan que no sea tan rentable económicamente. Actualmente, los procesos de soldadura se vienen automatizando mediante el uso de robots manipuladores. Sus principales ventajas son la notable reducción de costos de producción y un aumento en la productividad. De igual forma, el uso de los mismos permite realizar un trabajo con mejor calidad y a mayor velocidad frente a geometrías complicadas y un grado superior de precisión [2].

Por lo antes mencionado, es importancia tener un control adecuado de los movimientos del robot, es decir que las trayectorias que se generen para realizar el proceso de soldadura sean los mejores en términos de suavidad y continuidad. Por tal motivo el presente trabajo se centró en la planeación y simulación de trayectorias para la soldadura de tanques cilíndricos de un robot manipulador de 6 grados de libertad.

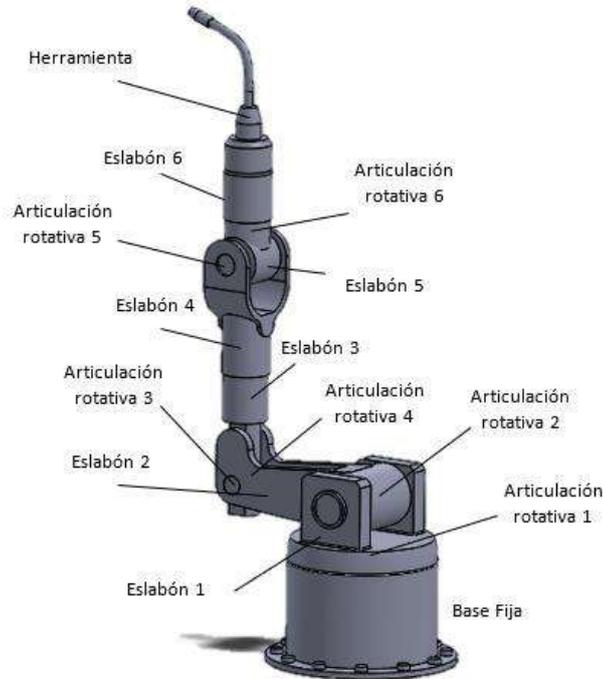
Se modeló el robot en 3D para poder realizaremos su simulación de movimiento, esto teniendo en cuenta las características cinemáticas y geométricas del robot y así mismo la planificación de la trayectoria se realizó usando interpolaciones de quinto orden. Finalmente, se utilizó el software de ingeniería CoppeliaSim para simular el robot realizando el movimiento requerido.

**2. MATERIALES Y MÉTODOS****2.1 Estructura mecánica del Manipulador**

Los planos mecánicos fueron diseñados a partir del bosquejo de un robot IRB2400 [3], se dimensionó tomando en cuenta el espacio de trabajo necesario de tal forma que logre alcanzar a la geometría de la tapa del tanque cilíndrico. El robot está compuesto por  $n$  piezas las cuales fueron diseñadas en CAD mediante el programa SolidWorks Professional. Este programa permite realizar el modelado de piezas complejas, laminado y

superficies, permitiendo realizar ensambles de modelos (2D y 3D) y obtener sus correspondientes planos. De igual forma este nos facilita en análisis mecánica de las piezas como cálculo de esfuerzo e inercias entre otros [4].

El CAD 3D del robot de 6 grados de libertad con la descripción de sus respectivas partes diseñadas se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Robot de seis grados de libertad

*Elaborado en SolidWork 2019 SP1.0*

Se procede a describir las partes más importantes del robot que fueron consideradas en la simulación. Estas se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Principales partes del robot

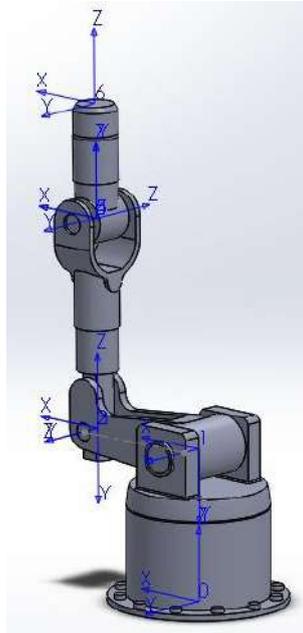
| Pieza       | Función                                    |
|-------------|--|
| Base        | Soporta el peso total del robot            |
| Cuerpo      | Primera Rotación Articular                 |
| Brazo       | Segunda rotación articular                 |
| Antebrazo   | Tercera rotación articular                 |
| Muñeca      | Cuarta, quinta y sexta rotación articular. |
| Herramienta | Efector Final del robot.                   |

## 2.2 Cinemática del Manipulador

### 2.2.1 Cinemática directa

Se describen las características del robot, la distancia de los eslabones, el tipo de movimiento de las articulaciones y los sistemas de referencia correspondiente a cada articulación. Para ello, se utilizó la

metodología sistemática de Denavit-Hartenberg [5]. Los ejes de referencia correspondientes al método se pueden visualizar en la figura 2.



**Figura 2.** Ejes  $X_i$ ,  $Y_i$  y  $Z_i$  de las 6 articulaciones según el algoritmo de D-H.  
Elaborado en SolidWork 2019 SP1.0

Usando el algoritmo de Denavit-Hartenberg, se determinaron los parámetros de todas las articulaciones del robot. Los cuatro parámetros de D-H dependen únicamente de las características geométricas de cada eslabón y de las articulaciones que le unen con el anterior y siguiente como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.** Parámetros D-H

| Link | $\theta_i$ | $d_i(m)$ | $a_i(m)$ | $\alpha_i$ |
|------|------------|----------|----------|------------|
| 1    | $\theta_1$ | 0.52     | 0        | $-\pi/2$   |
| 2    | $\theta_2$ | 0        | 0.45     | 0          |
| 3    | $\theta_3$ | 0        | 0        | $\pi/2$    |
| 4    | $\theta_4$ | 0.794    | 0        | $-\pi/2$   |
| 5    | $\theta_5$ | 0        | 0        | $\pi/2$    |
| 6    | $\theta_6$ | 0.39     | 0        | 0          |

Donde:

- $\theta_i$  Rotación en el eje  $z_{i-1}$
- $d_i$  Traslación a lo largo de  $z_{i-1}$
- $a_i$  Traslación a lo largo de  $x_i$
- $\alpha_i$  Rotación en el eje  $x_i$

Con estos valores se calculó cada una de las matrices de transformación que relaciona cada eslabón con la siguiente operación, mediante el uso de la ecuación 1:

$$T_i^{i-1} = \text{Rotz}(\theta_i)T(\mathbf{0}, \mathbf{0}, d_i)T(\mathbf{a}_i, \mathbf{0}, \mathbf{0})\text{Rotx}(\alpha_i) \quad (1)$$

Mediante (1), se obtiene la matriz de transformación homogénea, mediante la ecuación 2:

$$T_i^{i-1} = \begin{bmatrix} C(\theta_i) & -C(\alpha_i)S(\theta_i) & S(\alpha_i)S(\theta_i) & a_i C(\theta_i) \\ S(\theta_i) & C(\alpha_i)C(\theta_i) & -S(\alpha_i)C(\theta_i) & a_i S(\theta_i) \\ 0 & S(\alpha_i) & C(\alpha_i) & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Entonces la matriz que representa la posición del efector final con respecto a la base fija del robot se plantea en la ecuación 3 y el respectivo desarrollo de sus matrices.

$$T_6^0 = T_1^0 T_2^1 T_3^2 T_4^3 T_5^4 T_6^5 \quad (3)$$

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & -S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & C_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0.52 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & (0.45)C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & (0.45)S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3^2 = \begin{bmatrix} C_3 & 0 & S_3 & 0 \\ S_3 & 0 & -C_3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_4^3 = \begin{bmatrix} C_4 & 0 & -S_4 & 0 \\ S_4 & 0 & C_4 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0.794 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_5^4 = \begin{bmatrix} C_5 & 0 & S_5 & 0 \\ S_5 & 0 & -C_5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_6^5 = \begin{bmatrix} C_6 & -S_6 & 0 & 0 \\ S_6 & C_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0.39 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde  $C_i = \text{coseno}(\theta_i)$  y  $S_i = \text{seno}(\theta_i)$ .

Mediante el desarrollo de (3) se obtendrá la posición correspondiente para cada eje cartesiano, como se muestran en las ecuaciones Px, Py y Pz.

$$P_x = 0.45C_1C_2 - 0.39S_5(S_1S_4 - C_4(C_1C_2C_3 - C_1S_2S_3)) + 0.390 C_5C_1C_2S_3 + C_1C_3S_2 + 0.794C_1C_2S_3 + 0.794C_1C_3S_2. \quad (4)$$

$$P_y = 0.45C_2S_1 + 0.39S_5(C_1S_4 - C_4(S_1S_2S_3 - C_2C_3S_1)) + 0.39C_5(C_2S_1S_3 + C_3S_1S_2) + 0.794C_2S_1S_3 + 0.794C_3S_1S_2. \quad (5)$$

$$P_z = 0.794 C_{23} - 0.45 S_2 + 0.195 S_{4-5} S_{23} - 0.195 S_{23} S_{45} + 0.390 C_{23}C_5 + 0.520. \quad (6)$$

### 2.2.2 Cinemática inversa

Mediante las posiciones Px, Py y Pz, se logró obtener una posición que defina los ángulos  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, y q_6$  que corresponden a las seis articulaciones rotacionales del robot. Estos valores permitieron al robot alcanzar la posición del efector final que se desea.

Dado que el robot cuenta con 6 grados de libertad es conveniente hallar las primeras posiciones ( $q_1, q_2, y q_3$ ) mediante un análisis geométrico y los últimos valores articulares ( $q_4, q_5, y q_6$ ) mediante el desacople

cinemático [1] [6]. Se obtuvo las siguientes funciones (7), (8) y (9) para los primeros tres valores articulares. Donde  $\theta_i = q_i$

$$q_1 = \tan^{-1} \left( \frac{Py}{Px} \right) \quad (7)$$

$$q_3 = \tan^{-1} \left( \frac{-\sqrt{1 - \frac{Px^2 + Py^2 - 0.833}{0.715}}}{\frac{Px^2 + Py^2 - 0.833}{0.715}} \right) \quad (8)$$

$$q_2 = \tan^{-1} \left( \frac{Pz}{-\sqrt{Px^2 + Py^2}} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{0.794 \sin q_3}{0.45 + 0.794 \sin q_3} \right) \quad (9)$$

$$q_4 = \sin^{-1} \left( \frac{\sin q_4 \cos q_5}{\cos q_5} \right) \quad (10)$$

$$q_5 = \cos^{-1}(-\cos q_5) \quad (11)$$

$$q_6 = \tan^{-1} \left( -\frac{\sin q_5 \sin q_6}{\sin q_5 \sin q_6} \right) \quad (12)$$

Para determinar los últimos tres valores articulares fue necesario considerar solo la matriz de rotación del efector final, lo que dio como resultado las ecuaciones (10), (11) y (12).

### 2.3. Control Cinemático

#### 2.3.1 Espacio de trabajo

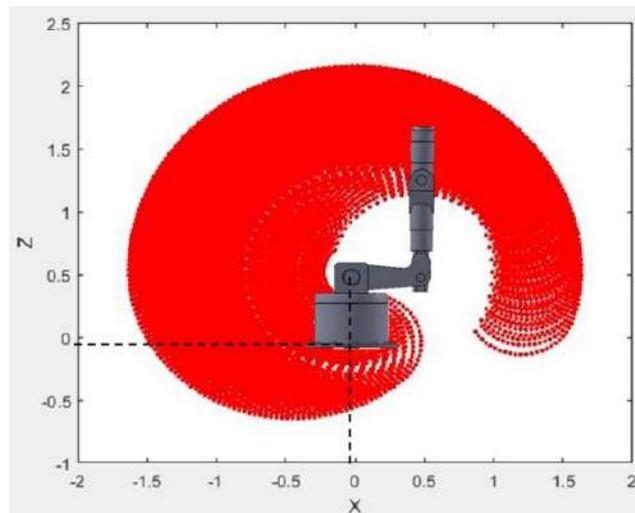
Para definir adecuadamente la trayectoria que siguió el robot en el proceso de soldadura, fue necesario conocer el espacio de trabajo del mismo. Este nos permitió determinar todos los puntos que puede alcanzar el efector final del manipulador de 6 grados de libertad.

Conociendo las dimensiones del robot y las restricciones articulares de cada actuador, como se muestra en la tabla 3, se determinaron las características cinemáticas del robot y se aseguró un correcto movimiento del robot en su entorno.

**Tabla 3.** Restricciones del Manipulador

| Articulación | Límite (Deg) |
|--------------|--------------|
| $q_1$        | 0° a 360°    |
| $q_2$        | -180° a 0°   |
| $q_3$        | -45° a 120°  |
| $q_4$        | 0° a 360°    |
| $q_5$        | -130° a 130° |
| $q_6$        | 0° a 360°    |

Se realizó el análisis del espacio de movimiento del robot en el plano XZ con ello se puede verificar y asegurar que la trayectoria de soldadura del tanque se encuentre dentro del área de trabajo del robot como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** *Espacio de trabajo del robot  
Elaborado en MATLAB R2019/a*

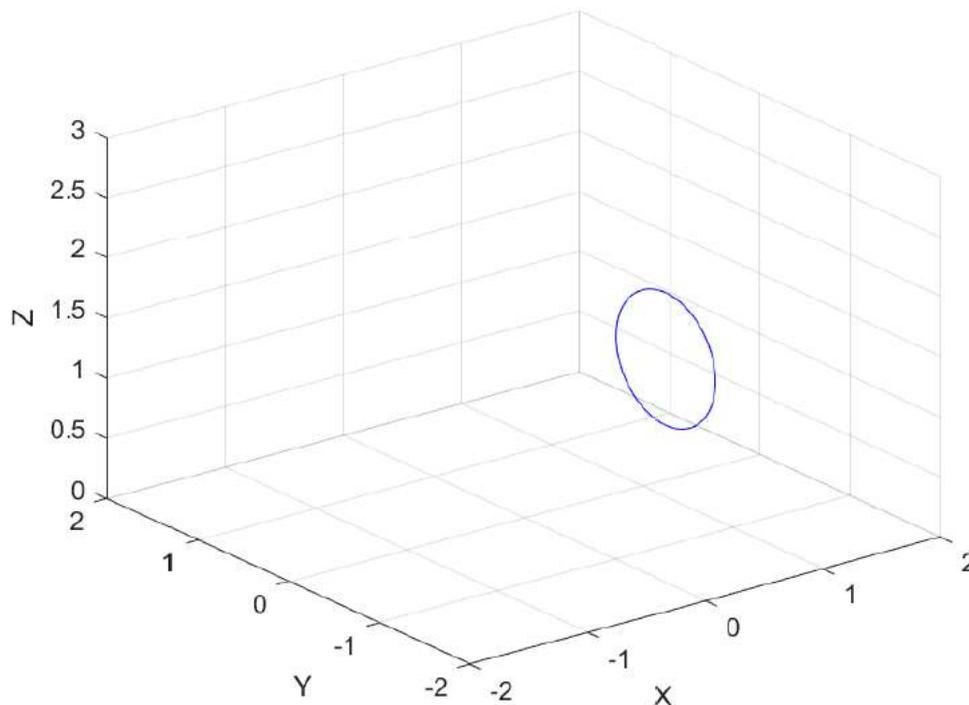
### 2.3.2 Generación de trayectoria

La trayectoria que con la cual el robot se desplazó y realizó para la soldadura fue de acuerdo a la geometría circular de la tapa del tanque cilíndrico que se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** *Tanque de fermentación cilíndrico-cónico*

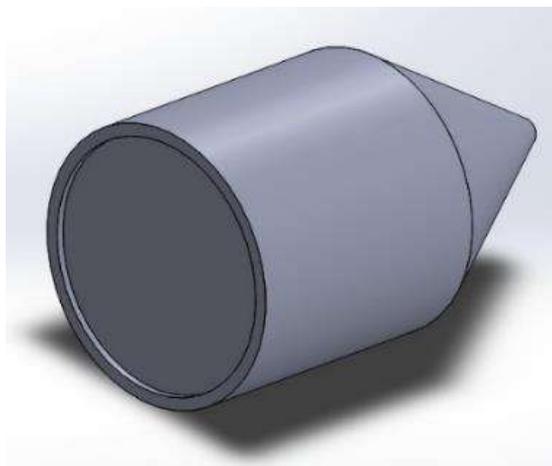
El diámetro de la tapa es de 1100 mm, por lo que será necesario establecer un círculo de esa medida en el espacio de trabajo del robot. Estos puntos se muestran en la figura 5.



**Figura 5.** Trayectoria a planificar de la tapa del tanque

*Elaborado en MATLAB R2019/a*

Para representar la simulación en la etapa de soldadura se modeló un tanque usando el programa SolidWorks, el resultado del modelado se puede observar en la Figura 6.



**Figura 6.** Modelo 3D del tanque

*Elaborado en SolidWork 2019 SP1.0*

Establecidos los puntos se procedió a definir los puntos de muestreo entre cada par de puntos, lo cual permitió que se realice un movimiento más continuo y suave.

Estos puntos fueron convertidos a valores articulares mediante el uso de la cinemática inversa antes mencionada. Es así que para punto de la circunferencia se tuvo valores de articulares de  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, y q_6$ , esto fue necesario para que los actuadores lleguen a cada uno de esas posiciones planificadas.

### 2.3.3 Interpolación polinómica

Se utilizó la interpolación polinómica de quinto orden para generar una trayectoria suave entre cada par de puntos de la trayectoria planificada. Para ello se utilizó la ecuación 13.

$$\theta(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5 \quad (13)$$

Se consideró como condiciones iniciales los siguientes valores:

$$\begin{aligned} t_i &= 0 \\ v_i &= 0 \\ v_f &= 0 \\ a_i &= 0 \\ a_f &= 0 \end{aligned}$$

Con estos valores se calculó las 6 incógnitas correspondientes a los coeficientes de (13).

$$a_0 = \frac{(q_1t_0^5 - 5q_1t_0^4t_f + 10q_1t_0^3t_f^2 - 10q_0t_0^2t_f^3 + 5q_0t_0t_f^4 - q_0t_f^5)}{(t_0 - t_f)^5} \quad (14)$$

$$a_1 = \frac{(30t_0^2t_f^2(q_0 - q_1))}{(t_0 - t_f)^5} \quad (15)$$

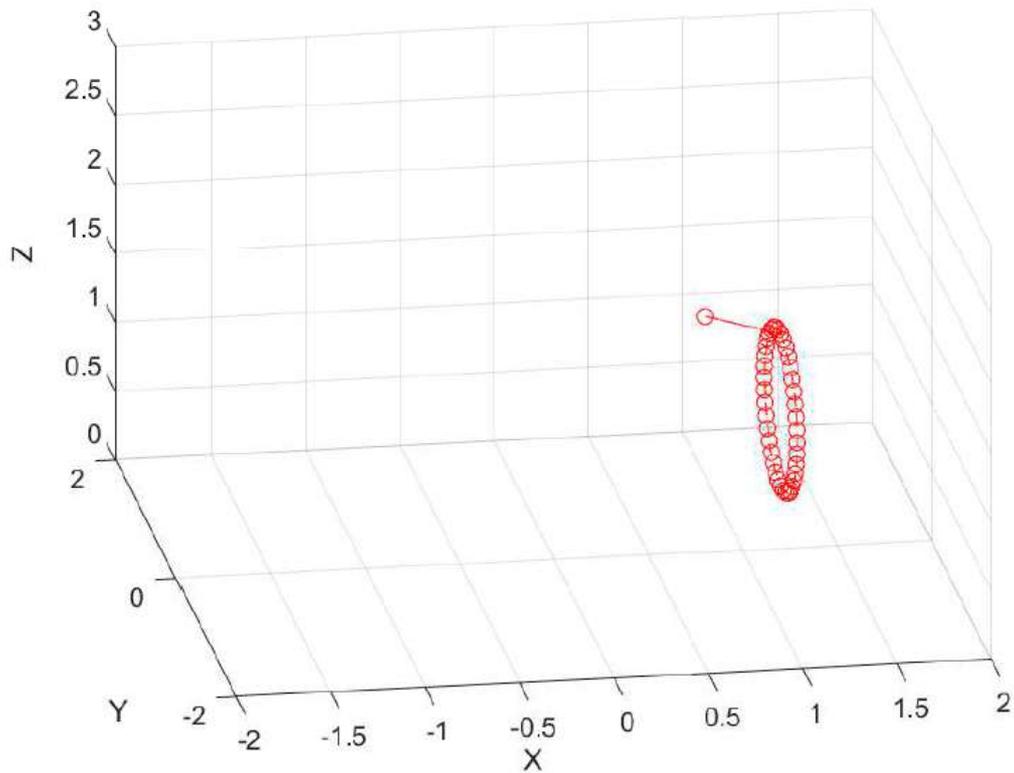
$$a_2 = \frac{-(30t_0t_f(t_0 + t_f)(q_0 - q_1))}{(t_0 - t_f)^5} \quad (16)$$

$$a_3 = \frac{(10(q_0 - q_1)(t_0^2 + 4t_0t_f + t_f^2))}{(t_0 - t_f)^5} \quad (17)$$

$$a_4 = \frac{-\left(15(t_0 + t_f)(q_0 - q_1)\right)}{(t_0 - t_f)^5} \quad (18)$$

$$a_5 = \frac{(6(q_0 - q_1))}{(t_0 - t_f)^5} \quad (19)$$

Realizado este proceso, se obtuvo la trayectoria que siguió el robot teniendo en cuenta un punto de arranque y de retorno como se muestra en la figura 7.



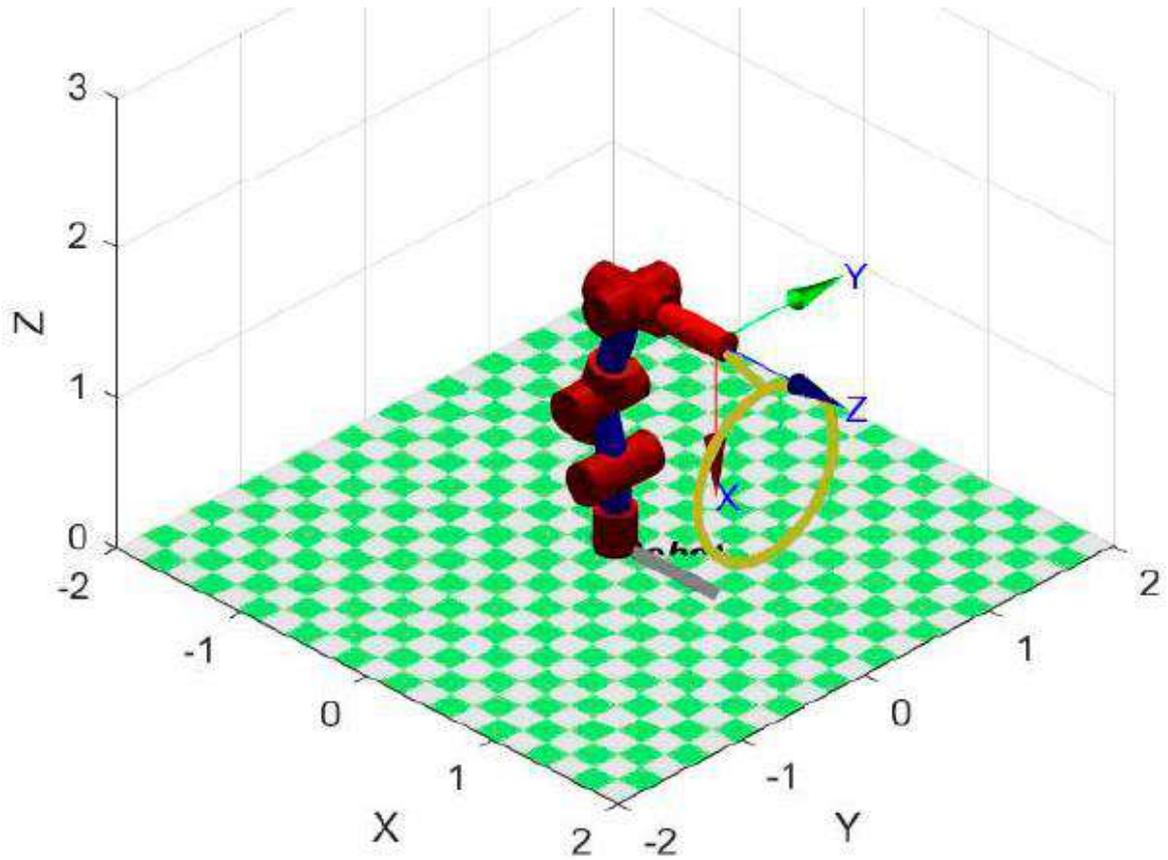
**Figura 7.** Trayectoria de soldadura a realizar por el robot  
*Elaborado en MATLAB R2019/a*

### 3. PRUEBAS Y RESULTADOS

El proceso de simulación y comprobación de la trayectoria se realizó en los softwares de ingeniería Matlab y CoppeliaSim.

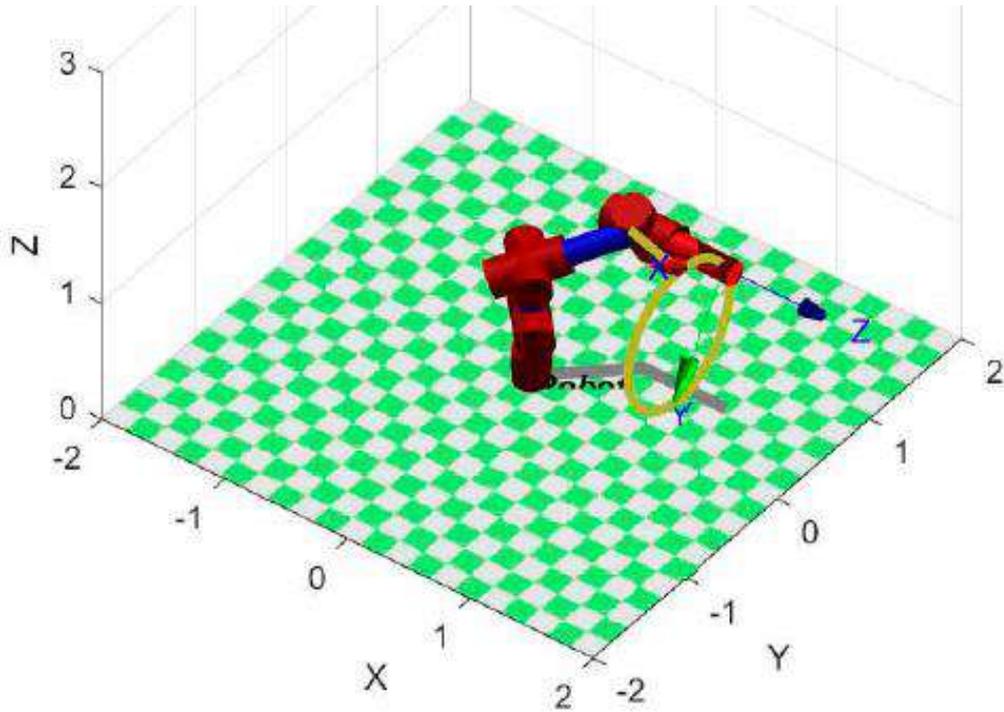
#### 3.1 Simulación en Matlab

Para la simulación en Matlab se utilizó la librería de Robótica de Peter Corke. Mediante la cinemática directa e inversa, las longitudes de los eslabones y los puntos de la trayectoria se realizó la animación del recorrido y del robot manipulador de 6 grados de libertad, esto se muestra en la Figura 8.



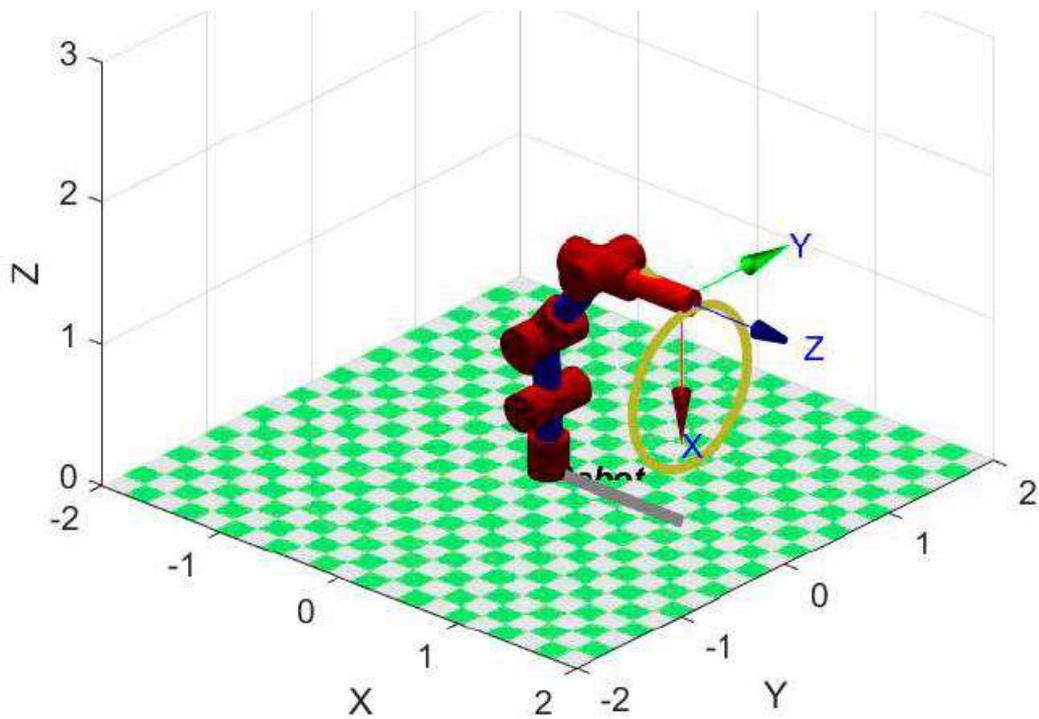
**Figura 8.** Posición de arranque del robot.  
*Elaborado en MATLAB R2019/a*

El robot tuvo tres etapas de movimiento, la primera etapa fue la de arranque en la cual el robot inicia el posicionamiento hacia la trayectoria de soldadura. La segunda etapa corresponde a la circunferencia que recorre en la tapa del tanque, en la cual el robot activa la punta de soldadura y realiza el trabajo como se muestra en la Figura 9.



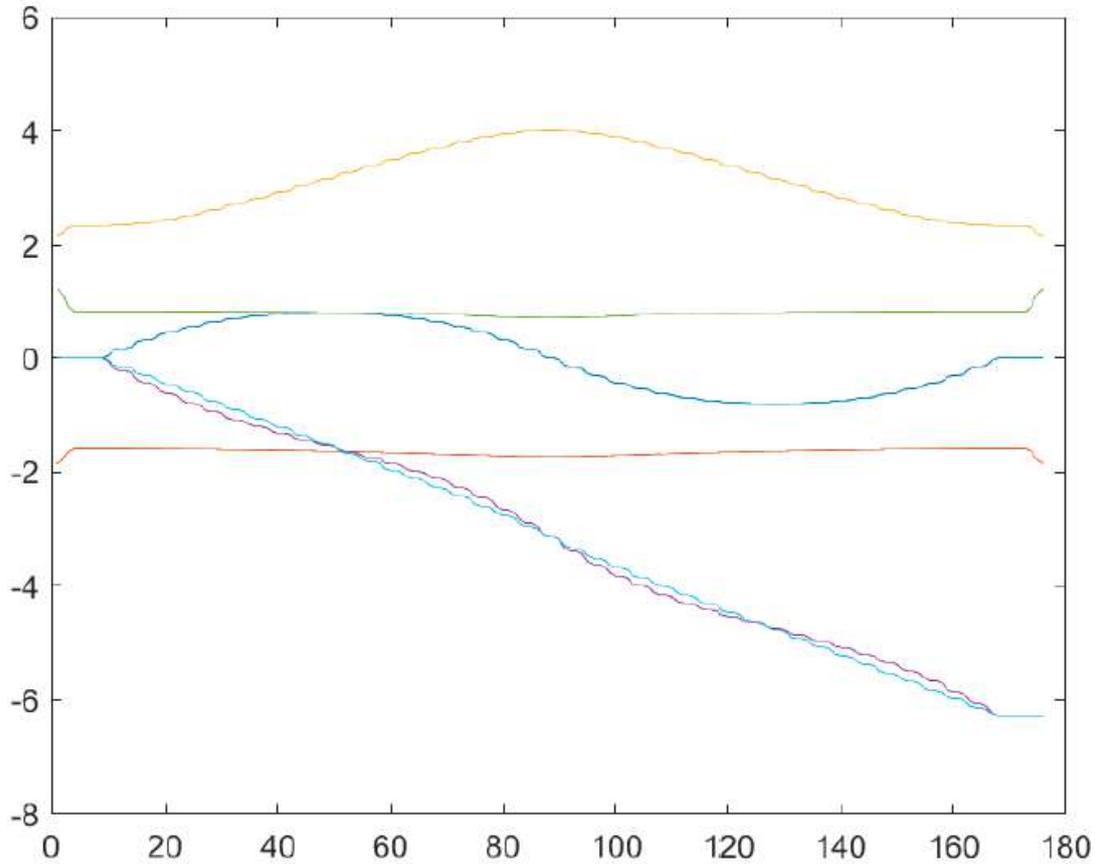
**Figura 9.** Etapa de soldadura.  
*Elaborado en MATLAB R2019/a*

Luego de haber soldado la geometría deseada el robot regresa a su posición inicial por la misma trayectoria por la que salió, siendo esta la tercera etapa de todo el movimiento en el proceso de soldadura de los tanques, esto se muestra en la Figura 10.



**Figura 10.** *Etapa final del proceso de soldadura.  
Elaborado en MATLAB R2019/a*

Finalmente, se verificó que el comportamiento de las articulaciones del robot a lo largo de toda la trayectoria es suave y sin cambios abruptos como se muestra en la figura 11.

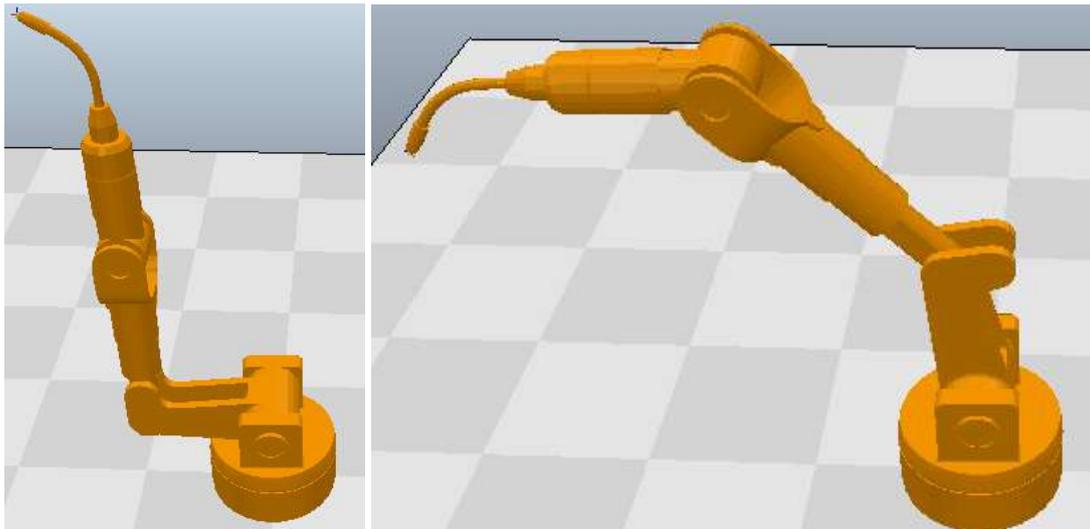


**Figura 11.** *Comportamiento de las articulaciones a lo largo del tiempo. Elaborado en MATLAB R2019/a*

### 3.2 Simulación en Coppiasim

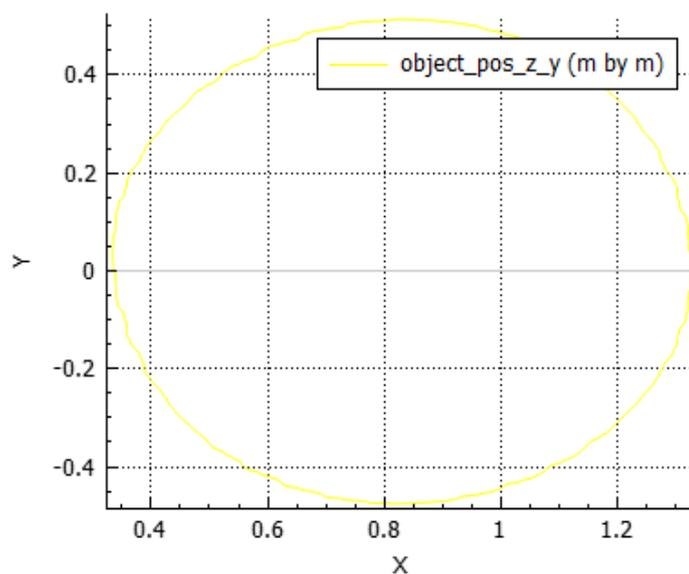
Una vez desarrollado el CAD y elaborado el diseño de la trayectoria que realizó el robot se procede a generar una escena de simulación en el software CoppiaSim [7] [8]. Primero se procedió a importar el CAD que fue controlado por medio de un código de programación realizado en el software de ingeniería Matlab [9]. Una vez importado el diseño en formato URDF se procedió a configurar los eslabones y articulaciones del robot.

Debido a que solo se realizó un diseño cinemático se obvió el modelado dinámico del robot y se configuró cada pieza como cuerpo dinámico, así mismo, en las articulaciones se colocó un rango cíclico de posición sin tener en cuenta las colisiones. Finalmente, se colocó un torque máximo en cada motor de 20000 N.m. de tal forma que asegure soportar las cargas del sistema como precaución.



a) b)  
**Figura 12.** Posiciones de articulación del robot de 6GDL  
 a) Inicial, b) Final.  
 Elaborado en Coppelasim

Se procedió a desarrollar la trayectoria luego de comunicar ambos softwares, mostrándose la posición inicial del robot en la Figura 12-a) y su posición final al final de la trayectoria circular en la Figura 12-b). Para obtener un resultado más exacto se utilizó un graficador del software de CoppeliaSim, previamente colocando un objeto tipo Dummy que sirvió de coordenada de guía para las respectivas mediciones en referencia a la coordenada de origen del robot. Se graficó las distancias de la variable Y y Z de acuerdo a la coordenada de origen, siendo el eje 'x' de las abscisas la variable Y y el eje 'y' de las ordenadas la variable Z. De tal forma que se observa la trayectoria circular en la Figura 13.



**Figura 13.** Trayectoria del robot de 6GDL.  
 Elaborado en Coppelasim

#### 4. CONCLUSIONES

En esta investigación se logró desarrollar un análisis cinemático de un robot de 6GDL con el fin de generar una trayectoria circular para una herramienta de soldadura MIG de tanques cilíndricos de fermentación. Cabe precisar que no fue necesario realizar el análisis dinámico de los motores en la simulación con el software CoppeliaSim.

Se logró desarrollar la cinemática directa del robot con ayuda del método Denavit-Hartenberg y se analizó el diseño elaborado en el software SolidWorks, obteniendo las matrices de transformación, así como, la posición cartesiana de la herramienta. Dado que los tres últimos grados de libertad coinciden y representan la muñeca del robot, se definió la orientación del efector y se determinó el uso del método de desacople cinemático para obtener la cinemática inversa.

Se desarrolló la trayectoria circular mediante el control cinemático, planteando el área de trabajo de acuerdo a las restricciones vistas en la Tabla 3 y considerando 4 puntos de muestreo en una interpolación de quinto orden para cada par de puntos de la trayectoria cartesiana. Por consiguiente, se obtuvo una trayectoria circular de diámetro 1100 mm, dicha trayectoria continua permite mantener el proceso de soldadura tipo MIG estable a diferencia de una soldadura operada de forma manual donde la dificultad en el sellado cilíndrico podría generar agrietamientos o pequeños agujeros por donde ingrese agentes contaminantes.

Finalmente, el proyecto permitirá mejorar los procesos de manufactura en las empresas metalmecánica de la Ciudad de Trujillo de la región de La Libertad, permitiendo que la automatización del proyecto sea implementada en modelos cilíndricos de grandes dimensiones, así como, también a una menor escala como cilindros que trabajen con ejes rígidos, donde la precisión del mismo aumente la duración del tiempo de vida útil de la máquina retrasando así la aparición de fallas por fatiga.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] D. F. Uribe and E. Sánchez, “Diseño de Robot Soldador de bajo Coste”, Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, 2019.
- [2] C. O. Crisanto, “Automatización de un robot cartesiano para el proceso de soldadura lineal MIG”, Trabajo de Grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013.
- [3] A. Barrientos, L. Peñin, C. Balaguer, R. Aracil. “Fundamentos De Robótica”, 2° ed. Madrid: McGraw-Hill, 2007.
- [4] L. A. Morales, N. Sotomayor and Y. Boada, “Control de seguimiento de trayectoria y paletización de un robot de tres grados de libertad tipo SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm)”, Revista Politécnica, vol. 33, Núm. 1, febrero 2014.
- [5] J. Soto, J. Vargas and J. Pedraza, “Generación de Trayectorias por Visión para un Robot Manipulador de 5 Grados de Libertad”, M.S. Thesis, CIDESI, Santiago de Queretaro, México, 2005.
- [6] N. Giraldo, and G. Patiño, “Análisis cinemático e instrumentación virtual 3D para el brazo robótico Pegasus II”, Revista chilena de ingeniería, vol. 27, Núm. 4, diciembre 2019.
- [7] J. Archila, and M. Suell, “Estudio y modelamiento del robot KUKA KR 6”. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, Núm. 46, pp. 132-144, diciembre 2008.
- [8] J. Huanca, J. Zamora, J. Cornejo and R. Palomares, "Mechatronic Design and Kinematic Analysis of 8 DOF Serial Robot Manipulator to Perform Electrostatic Spray Painting Process on Electrical

Panels," *2022 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)*, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/EIRCON56026.2022.9934104.

- [9] O. Mejia, D. Nuñez, J. Rázuri, J. Cornejo and R. Palomares, "Mechatronics Design and Kinematic Simulation of 5 DOF Serial Robot Manipulator for Soldering THT Electronic Components in Printed Circuit Boards," *2022 First International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT)*, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICEEICT53079.2022.9768447.