

### Editorial

#### Artículos de investigación

- **Modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico a través de la evaluación de su desempeño integral** 7-22  
*Model for the selection of baseball pitchers using the Hierarchical Analytical Process through the evaluation of their integral performance*  
Pedro Teppa-Garran, Carlos Fernández-Da Costa
- **Propuesta de integración de la ISO/IEC 17025 e ISO 9001 en los laboratorios de la Universidad de Boyacá** 23-42  
*Proposal for the integration of ISO/IEC 17025 and ISO 9001 in the laboratories of the University of Boyacá*  
Johana Eraso Insuasty, Edna Cipagauta Esquivel, Laura Wilches Torres
- **Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana** 43-60  
*Criticality analysis for maintenance in welding equipment at a Mexican University*  
Jesús Vicente González Sosa, Enrique Ávila Soler
- **Improvements in business processes aligned to the customer experience: case study in a book subscription club** 61-82  
*Mejoras en los procesos de negocio alineados a la experiencia del cliente: caso de estudio en un club de suscripción de libros*  
Mariana Chagas Pegoraro, Maria Cannarozzo Tinoco, Georgia Schlabitiz Vanin

#### Artículos de divulgación

- **Composición proximal del tejido muscular de seis peces comestibles recolectados en las costas nororientales de Venezuela** 85-96  
*Proximate composition of the muscular tissue of six edible fish collected from north-west coastal of Venezuela*  
Haydelba D' Armas, Alexis Mendoza, María Ranaudo, Gabriel Ordaz
- **Evaluación de riesgos ergonómicos en la producción acuícola: un estudio de caso en Machala, Ecuador** 97-108  
*Ergonomic risk assessment in aquaculture production: a case study in Machala, Ecuador*  
Néstor Enderica Armijos

**Normas para publicación** 109-110

## Tabla de contenido

<b>Editorial</b>	
<b>Artículos de investigación</b>	
<b>- Modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico a través de la evaluación de su desempeño integral</b>	<b>7-22</b>
<i>Model for the selection of baseball pitchers using the Hierarchical Analytical Process through the evaluation of their integral performance</i>	
Pedro Teppa-Garran, Carlos Fernández-Da Costa	
<b>- Propuesta de integración de la ISO/IEC 17025 e ISO 9001 en los laboratorios de la Universidad de Boyacá</b>	<b>23-42</b>
<i>Proposal for the integration of ISO/IEC 17025 and ISO 9001 in the laboratories of the University of Boyacá</i>	
Johana Eraso Insuasty, Edna Cipagauta Esquivel, Laura Wilches Torres	
<b>- Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana</b>	<b>43-60</b>
<i>Criticality analysis for maintenance in welding equipment at a Mexican University</i>	
Jesús Vicente González Sosa, Enrique Ávila Soler	
<b>- Improvements in business processes aligned to the customer experience: case study in a book subscription club</b>	<b>61-82</b>
<i>Mejoras en los procesos de negocio alineados a la experiencia del cliente: caso de estudio en un club de suscripción de libros</i>	
Mariana Chagas Pegoraro, Maria Cannarozzo Tinoco, Georgia Schlabitzy Vanin	
<b>Artículos de divulgación</b>	
<b>- Composición proximal del tejido muscular de seis peces comestibles recolectados en las costas nororientales de Venezuela</b>	<b>85-96</b>
<i>Proximate composition of the muscular tissue of six edible fish collected from north-west coastal of Venezuela</i>	
Haydelba D'Armas, Alexis Mendoza, María Ranaudo, Gabriel Ordaz	
<b>- Evaluación de riesgos ergonómicos en la producción acuícola: un estudio de caso en Machala, Ecuador</b>	<b>97-108</b>
<i>Ergonomic risk assessment in aquaculture production: a case study in Machala, Ecuador</i>	
Néstor Enderica Armijos	
<b>Normas para publicación</b>	<b>109-110</b>

# EDITORIAL

## EDITORIAL

### Ingeniería Industrial...

### *Incertidumbre y retos ante los nuevos escenarios tecnológicos.*

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.477>

La Ingeniería Industrial desde sus cimientos está cargada de incertidumbre la cual le ha permitido transformarse ante los nuevos escenarios emergentes; este ecosistema de crisis y cambios en el cual se desenvuelve, la ha curtido de ciencia y habilidades para abordar con eficacia y eficiencia diferentes retos y oportunidades. Como lo plantea García (2023), en una contribución para [mexicobusiness.news](https://mexicobusiness.news) (*Industrial Engineering in the industry of the future*), para entender el papel que debe adoptar la Ingeniería Industrial como profesión con visión de futuro, se debe reflexionar sobre dos retos importantes para las empresas: el lado humano y el financiero; agrega que, la Ingeniería Industrial aplicada está evolucionando con el uso de la tecnología, lo que va a permitir potencializar los métodos utilizados para optimizar los procesos, tanto manufactureros como administrativos, donde la combinación de capital humano, materiales, finanzas y administración se convierte en el todo para ser más competitivo, productivo y rentable.

Así, los Ingenieros Industriales se encuentran ante un incremento acelerado de aplicaciones tecnológicas donde destacan la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, el Aprendizaje Automatizado, la realidad Aumentada, entre otros recursos, que precisamente, deben ser entendidos como recursos, por lo cual forma parte de su rol saber gestionarlos. Aprovechar estas nuevas formas de hacer las cosas, para dar respuestas a los múltiples problemas del mundo organizacional; y sobre todo, no dejar de aprender. Esa será la única constante en el desarrollo del Ingeniero Industrial el aprendizaje continuo.

En este número 30 de Nuestra Revista, se cubren enfoques que van desde la toma de decisiones multicriterio hasta el análisis de la voz del cliente; desde aplicaciones en el mundo deportivo, hasta la importante industria alimentaria; así es la Ingeniería Industrial. Desde Venezuela, Teppa-Garran y Fernández-Da Costa, plantean un modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico;

mientras que, D'Armas y otros, presentan la composición proximal del tejido muscular de peces comestibles recolectados en las costas nororientales de Venezuela, una contribución a los esfuerzos por garantizar la seguridad alimentaria, un tema de responsabilidad transversal. Desde Colombia, Erazo y otros, presentan una propuesta para la integración de normas de sistemas de gestión en los laboratorios de la Universidad de Boyacá; mientras que González y Ávila, desde México, realizan un análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en talleres universitarios. Por su parte, Pegoraro y otros, desde Brasil, presentan un caso de estudio donde mejoran los procesos de negocio alineados a la experiencia del cliente de un club de suscripción de libros; y, Enderica, desde Ecuador, para un estudio de caso, evalúa los riesgos ergonómicos en la producción acuícola. Definitivamente, un número trasdisciplinario que pone en evidencia la visión integradora de la Ingeniería Industrial, su actualidad y sus nuevas tendencias.

Desde el Equipo Editorial de la Revista, expresamos nuestro agradecimiento a todo el talento humano que hizo posible este número. Seguimos explorando nuevos conceptos editoriales y atendiendo las directrices para que la Revista esté accesible en diferentes bases de datos y plataformas.

*Por el Comité Editorial*

*Dr. Agustín Mejías Acosta*

*Junio, 2023*



Signatory of  
**DORA**

# Artículos de Investigación

## **Artículos de Investigación**

# Modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico a través de la evaluación de su desempeño integral

*Model for the selection of baseball pitchers using the Hierarchical Analytical Process through the evaluation of their integral performance*

**Pedro Teppa-Garran, Carlos Fernández-Da Costa**

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.478>

**Palabras clave:** Proceso Analítico Jerárquico, AHP, Béisbol, Desempeño Integral del lanzador

**Key words:** Hierarchical Analytical Process, AHP, Baseball, Comprehensive Pitcher Performance

## RESUMEN

El Proceso Analítico Jerárquico es una herramienta matemática, ampliamente usada en la toma de decisiones, destinada a la detección de una jerarquía global en un conjunto cuyos elementos se conocen relaciones de prioridad dos a dos. La evaluación de lanzadores de béisbol es una componente estratégica fundamental del desempeño de los equipos, la cual se puede plantear en términos de un problema de toma de decisiones multicriterio. En este trabajo se elaboran modelos para clasificar el desempeño de lanzadores de béisbol en la MLB en los roles de abridor y relevista haciendo uso del Proceso Analítico Jerárquico. Los modelos permiten evaluar el desempeño integral del lanzador. Los modelos fueron aplicados en la evaluación de abridores para el premio Cy Young de la temporada 2021 y en la evaluación de relevistas para los premios Trevor Hoffman y Mariano Rivera en la temporada 2017. Igualmente, los modelos permitieron evaluar la trayectoria de un conjunto de abridores emblemáticos venezolanos que realizaron su carrera en la MLB. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios y confirman la eficiencia y factibilidad de los modelos propuestos.

## ABSTRACT

The Hierarchical Analytical Process is a mathematical tool, widely used in decision making, intended for the detection of a global hierarchy in a set whose elements are known two-to-two priority relationships. The evaluation of baseball pitchers is a fundamental strategic component of team performance, such an evaluation can be posed in terms of a multicriteria decision-making problem. In this work, original models are developed to classify the performance of baseball pitchers in the MLB in the roles of starter and reliever using the Hierarchical Analytical Process. The models allow to evaluate the integral performance of the launcher. The models were applied in the evaluation of starters for the Cy Young Award for the 2021 season and in the evaluation of relievers for the Trevor Hoffman and Mariano Rivera awards in the 2017 season. Likewise, the models allowed evaluating the trajectory of a group of starters emblematic Venezuelans who made their career in the MLB. The results obtained were satisfactory and confirm the efficiency and feasibility of the proposed models.

## INTRODUCCIÓN

El béisbol es uno de los deportes donde en cada juego se extraen y almacenan la mayor cantidad de datos estadísticos (Huang y Hsu, 2021), se llevan registros de cada entrada, de cada juego, de cada serie, de cada temporada, se llevan los datos individuales, por equipo y por posición. Esto es, de manera permanente los espectadores están expuestos a que se rompa una marca, un record. Los fanáticos de los equipos desean ser testigos en el estadio o a través del juego televisado, de un eventual suceso histórico. Al final de la temporada regular de las grandes ligas (MLB, por sus siglas en inglés) se elige al jugador más valioso por cada liga, al mejor lanzador, al novato del año, y a los guantes de oro, que corresponden a los mejores jugadores defensivos por posición. La definición de los ganadores de estos premios. Y como agregan, (Lanoue & Revetta, 1993; Hauptert, 2007a; Real, 2019; Brown, 2022), la resolución de problemas de arbitrajes salariales, la contratación de agentes libres y las nóminas de equipos cada vez más costosas son aspectos que intervienen en la valoración del desempeño de los jugadores. Este conjunto de factores y su amplia tradición cultural y popular ha convertido al deporte del béisbol en una industria multimillonaria, los acuerdos de licencia y patrocinio, los contratos de transmisión de los juegos y las ganancias producidas por la asistencia a los estadios, generan cuantiosos beneficios (Hauptert, 2007b; Powers, 2015; Lee, 2018).

En el juego de béisbol, como en todos los deportes de equipo, la victoria solo se puede alcanzar por el aporte y el esfuerzo de todos los jugadores. La ofensiva es una de las áreas de desempeño del béisbol que más pasiones despierta, más aún por lo complicado que resulta la acción de batear. Se debe golpear con un bate de no más de 1.07 m de largo y de un diámetro de 7 cm en su parte más gruesa, una esfera de 22.5 cm de circunferencia que pesa 149 gr y que puede viajar a una velocidad de más de 90 millas por hora, recorriendo la distancia del box al home en 0.42 segundos y además, variando su recorrido en el aire (Vistuer-Valdés, 1995). Sin embargo, a pesar de lo señalado arriba, es la posición del lanzador la que posee una importancia decisiva y fundamental para alcanzar el triunfo en un juego de béisbol. Las principales armas de un lanzador son su velocidad y el control de sus lanzamientos y se ha investigado y documentado el impacto de estas habilidades en el desempeño del propio equipo y en la disminución del rendimiento ofensivo del equipo adversario (Chen & Chen, 2009; Gould & Winter, 2009). Los lanzadores se clasifican en abridores y relevistas. El abridor es el que inicia el partido y se desea que se mantenga lanzando durante la mayor cantidad de entradas posibles. El relevista es quien reemplaza al abridor cuando sus capacidades disminuyen o por razones estratégicas que se presenten durante el juego (Chen et al., 2010).

Todo este marco deportivo y económico plantea la necesidad de disponer de instrumentos de calificación del desempeño de los jugadores de béisbol. El proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) es una herramienta matemática desarrollada por Thomas Saaty en los años 80 destinada a obtener la mejor decisión a partir de una serie de valores fácilmente medibles por los usuarios (Saaty; 1980, 1990, 2008). Su flexibilidad y simplicidad matemática lo ha convertido en una herramienta favorita de la toma de decisiones en las áreas de la ingeniería, la industria de alimentos, los negocios, la ecología, la salud y el gobierno; por no mencionar que algunas de ellas (Vargas, 1990; Apostolou & Hassel, 1993; Vaidya & Kumar, 2006; Liberatore & Nydick, 2008; Ho, 2008; Ho & Ma, 2018; Veisi et al., 2022; Panchal & Shrivastava, 2022). En los deportes se ha aplicado con éxito en el fútbol, el béisbol, el baloncesto, el atletismo, el hockey, el tenis y el fútbol americano (Nisel & Özdemir, 2016) y en la evaluación general de la industria deportiva (Yong, 2021; Erturan-Ogut & Kula, 2022).

En el béisbol se ha empleado de manera particular, para la evaluación ofensiva de jugadores (Lanoue & Revetta, 1993), en la

clasificación de los equipos dentro de una liga (Nishizawa, 1995), para clasificar a los agentes libres (Bodin, 1999), para clasificar a jugadores dentro de un equipo (Bodin & Epstein, 2000), en la evaluación de entrenadores (Wan et al., 2014), en la predicción del equipo campeón de la Liga Americana (Manoj et al., 2017) y en el estudio de la relación entre el desempeño del jugador y su salario (Chen et al., 2018). Continuando con el deporte del béisbol, también se ha usado la técnica de análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés) y en este sentido se pueden mencionar las contribuciones siguientes: Mazur (1994) y Anderson & Sharp (1997) quienes lo utilizaron para evaluar el desempeño individual de jugadores en la MLB. Howard & Miller (1993) hacen uso de DEA, definiendo como entradas a los indicadores de desempeño de los jugadores de béisbol de la MLB y como salida a sus salarios y así determinar los jugadores que estarían sobre o sub valorados y finalmente; Micelli & Volz (2012) examinan el desempeño individual de jugadores en cuanto a su votación para integrar el salón de la fama del béisbol de los Estados Unidos.

## METODOLOGÍA

En este trabajo se proponen dos modelos de evaluación del desempeño de lanzadores de béisbol, uno para abridores y el otro para relevistas. La investigación es una contribución original en el empleo del método AHP en la evaluación del

desempeño de lanzadores de béisbol. Hasta la fecha, para el mejor saber de los autores, el desempeño de lanzadores en su rol de abridor se ha evaluado a través de DEA (Chen y Johnson, 2010) y empleando un modelo combinado AHP – TOPSIS en la

liga de béisbol profesional china (Chen et al., 2014).

Los modelos propuestos en esta investigación tienen por objetivo clasificar el desempeño integral del lanzador. Esto es, no solo su rendimiento como lanzador sino también sus aportes ofensivo y defensivo y adaptarlos a las exigencias de las ligas Americana y Nacional de la MLB.

**Método AHP**

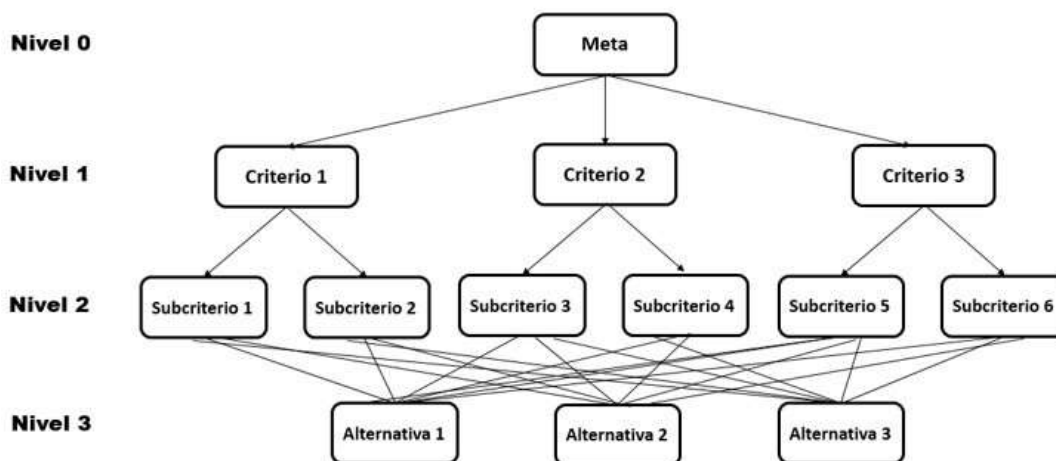
A menudo, en los procesos de toma de decisión es necesario asignar un valor de prioridad a cada alternativa y seleccionar aquella con el máximo valor. Esto es, dado un conjunto de alternativas  $\mathcal{X} = \{x_1, \dots, x_m\}$  y un conjunto de criterios  $\mathcal{C} = \{c_1, \dots, c_n\}$  que son características que hacen preferible una alternativa en lugar de otra con respecto a una meta dada. Se debe determinar un vector de pesos  $w = (w_1, \dots, w_m)^T$  donde  $w_i$  es un valor que estima de manera coherente la prioridad de la alternativa  $x_i$ . En el sentido que mientras más grande sea  $w_i$ , mejor resultará elegir la alternativa  $i$ -ésima. Por ejemplo, si  $w = (0.3, 0.2, 0.4, 0.1)^T$  resultará  $x_3 > x_1 > x_2 >$

$x_4$  donde  $x_i > x_j$  significa que la alternativa  $x_i$  se prefiere a la  $x_j$ . Posibles empates se expresan como  $x_i \sim x_j$ .

El método AHP puede aplicarse a problemas de toma de decisión que involucran una meta y un conjunto finito de alternativas. Luego, considerando los diferentes criterios (y subcriterios) deben generarse las prioridades que permiten tomar una decisión. Ahora bien, esto requiere descomponer la decisión en las siguientes etapas (Saaty, 2008):

1. Definir la estructura jerárquica del problema desde la parte superior con la meta, los niveles intermedios con los criterios y subcriterios y en el nivel inferior las alternativas (ver Figura 1).
2. Construir un conjunto de matrices de comparación pareadas. Cada elemento de un nivel superior es usado para comparar los elementos en el nivel con respecto a él, localizado inmediatamente por debajo.
3. Calcular la consistencia de las matrices de comparación.
4. Determinar el vector de prioridades.

Figura 1. Árbol de jerarquías



Si hay  $n$  criterios se deben hacer  $n(n - 1)/2$  comparaciones. Para hacer estas comparaciones, se emplea una escala de números que indica cuantas veces es más importante (o dominante) un elemento con respecto a otro, en referencia al criterio con el cual se hace la comparación. La Tabla 1 presenta la escala numérica propuesta por Saaty (1980) para establecer los grados de preferencia entre dos elementos que se comparen.

Las comparaciones se recogen en la matriz de comparaciones pareadas  $A = (a_{ij})_{n \times n}$  estructurada como

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

donde cada elemento  $a_{ij} > 0$  expresa la preferencia de  $c_i$  sobre  $c_j$ . En forma más precisa, según la teoría de Saaty (1980), cada elemento se supone que es descrito como el cociente de dos pesos

$$a_{ij} \approx \frac{w_i}{w_j} \quad \forall i, j \quad (2)$$

**Tabla 1.** Escala numérica fundamental de Saaty

1	Igual importancia
2	Importancia débil
3	Importancia moderada
4	Importancia algo más que moderada
5	Fuerte importancia
6	Importancia algo más que fuerte
7	Importancia muy fuerte
8	Importancia muy, muy fuerte
9	Extrema importancia

Esto significa que la matriz (1) queda descrita por

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

De donde resulta la condición del inverso multiplicativo  $a_{ij} = 1/a_{ji} \quad \forall i, j$  que permite reescribir la matriz de comparaciones en la forma

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

En palabras, esta estructura simplificada de la matriz de comparaciones implica que si el criterio  $c_i$  posee una *importancia moderada* (ver Tabla 1) con respecto al criterio  $c_j$ , o sea,  $c_i/c_j = 3/1$  entonces se deduce que la relación entre  $c_j$  y  $c_i$  es  $1/3$ . Un experto racional debería formular sus preferencias (2) en forma exacta. Esto significa que si se escribe  $a_{ij}a_{jk}$  y se aplica la condición  $a_{ij} = w_i/w_j \quad \forall i, j$  se deduce la siguiente expresión

$$a_{ij}a_{jk} = \frac{w_i}{w_j} \frac{w_j}{w_k} = \frac{w_i}{w_k} = a_{ik}$$

Esto es, si todos los elementos de la matriz de comparaciones satisfacen la condición (2) entonces resulta la relación de transitividad siguiente:

$$a_{ij}a_{jk} = a_{ik} \quad \forall i, j, k \quad (5)$$

lo que significa que cada comparación directa  $a_{ik}$  se confirma por una comparación indirecta  $a_{ij}a_{jk} \quad \forall j$ . Formalmente, la transitividad asegura que si un experto es capaz de dar comparaciones pareadas perfectamente consistentes no debería contradecirse a sí mismo. Una matriz que verifica la condición de transitividad se dice que es consistente. Ahora bien, la consistencia es

ocasionalmente lograda. Esto puede observarse fácilmente cuando se le solicita al experto que emplee números enteros y sus recíprocos (escala de Saaty). Por ejemplo, si  $a_{ij} = 3$  y  $a_{jk} = 1/2$  no es posible determinar un valor consistente para  $a_{ik}$ . Aún más, el número de transitividades  $(i, j, k)$  independientes en una matriz de orden  $n$  es igual a  $n(n - 1)(n - 2)/6$ . A pesar de la dificultad de determinar una matriz de comparaciones completamente transitiva (consistente), la consistencia es una propiedad muy deseable. Es por eso, que ciertos incumplimientos de la condición (5) son tolerados a través de la

definición de una razón de consistencia dada por

$$RC = CI/RI \tag{6}$$

con  $CI$  el índice de consistencia definido como  $CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$  con  $\lambda_{max}$  el autovalor máximo de la matriz  $A$  y  $RI$  es el índice aleatorio que corresponde a una estimación del promedio de  $CI$  para un conjunto suficientemente grande de matrices de tamaño  $n$  generadas aleatoriamente. Valores de  $RI$  aparecen en la Tabla 2 (Alonso y Lamata, 2006).

Según Saaty (1980), en la práctica, deben aceptarse matrices de comparación con valores de  $CR \leq 0.1$ .

Tabla 2. Valores de  $RI$

$n$	3	4	5	6	7	8	9	10
$RI$	0.5247	0.8816	1.1086	1.2479	1.3417	1.4057	1.4499	1.4854

Finalmente, para extraer el vector de prioridades se emplea el método de las columnas normalizadas que requiere la normalización de todas las columnas de la matriz  $A$  de manera que todos sus elementos sumen 1, posteriormente se toma el promedio por filas de la matriz de comparaciones normalizada para obtener los pesos  $w_1, \dots, w_n$ .

**Modelos de lanzadores**

Debido a que en la liga Nacional de la MLB el lanzador toma turno ofensivo y en la liga Americana es reemplazado por un bateador designado, se elaboraron cuatro modelos: el de abridor y el de relevista para

cada liga. Para desarrollar los modelos se conformó un equipo de expertos cuyas características se recogen en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se describen los distintos coeficientes estadísticos utilizados en los modelos de lanzadores propuestos. En las Figuras 2, 3, 4 y 5 se muestran las estructuras jerárquicas con sus pesos de ponderación calculados para los cuatro modelos de lanzadores según su tipo y liga donde juega. Los pesos se obtuvieron aplicando la metodología AHP y combinando los resultados de los 5 expertos mediante la media geométrica.

Tabla 3. Equipo de expertos

EXPERTO	EXPERIENCIA
1	Exdirector deportivo del diario El Nacional. Director y creador de El Emergente y comentarista del equipo Cardenales de Lara.
2	Comunicador social graduado de la Universidad Monteávila, periodista deportivo con experiencia en los diarios Meridiano y 2001, entre otros medios deportivos.
3	Periodista egresado de la Universidad Católica Andrés Bello, creador de contenidos de béisbol, redactor en El Emergente.
4	Periodista deportivo con más de 40 años de experiencia en redacción deportiva entre El Nacional y El Emergente.
5	Periodista, integrante del departamento de prensa del equipo Tiburones de La Guaira y jefe del departamento de prensa de Centauros de La Guaira.

Tabla 4. Coeficientes estadísticos usados en los modelos para evaluar el desempeño de los lanzadores

Indicador	Descripción	Fórmula de cómputo
<i>Fld</i>	<b>Coefficiente defensivo:</b> refleja el porcentaje de veces que un jugador defensivo maneja correctamente una pelota bateada o lanzada	$Fld = (O + A)/(O + A + E)$ <i>O: Outs, A: Asistencias, E: Errores</i>
<i>Fld/ lgFld</i>	<b>Coefficiente defensivo con respecto a la liga:</b> Si es mayor que 1 el jugador defensivo se encuentra por encima del promedio defensivo de la liga	$Fld/ lgFld$ <i>lg Fld:</i> promedio defensivo con respecto a la liga
<i>ERA</i>	<b>Promedio de carreras:</b> Corresponde al promedio de carreras limpias otorgadas por un lanzador durante un juego.	$ERA = (9 * ER)/IP$ <i>ER: carreras concedidas</i> <i>IP: entradas lanzadas</i>
<i>WHIP</i>	<b>Walks and Hits per Innings Pitched:</b> Evalúa la capacidad del lanzador para mantener jugadores fuera de las bases.	$WHIP = (BB + H)/IP$ <i>H: Hits</i> <i>BB: Bases por bolas</i>
<i>AVE</i>	<b>Promedio de bateo en contra:</b> Es la tasa de Hits por turno al bate contra un lanzador.	$AVE = H/AB$ <i>AB: Turnos al bate</i>
<i>P/IP</i>	<b>Lanzamientos por entradas lanzadas:</b> Evalúa la eficiencia de un lanzador para hacer <i>out</i> a los bateadores.	$P/IP$ <i>P: Número de lanzamientos</i>
<i>W - L</i>	<b>Coefficiente de victorias y derrotas</b>	$W - L = W/(W + L)$
<i>S - OS</i>	<b>Juegos salvados sobre oportunidad de salvados</b>	$S/OS$
<i>AVG</i>	<b>Promedio al bate (jugador a la ofensiva)</b>	$AVG = H/AB$
<i>OBP</i>	<b>Coefficiente de embase:</b> Refleja que tan a menudo se embasa un jugador por vías diferentes al error defensivo.	$OBP = \frac{H + BB + HBP}{AB + BB + HBP + SF}$ <i>HBP: Golpeado por lanzador</i> <i>SF: Elevado de sacrificio</i>
<i>SLG</i>	<b>Coefficiente de remolque:</b> Representa el número de bases alcanzadas por un bateador por turno al bate.	$SLG = \frac{(H + 2 * 2B + 3 * 3B + 4 * HR)}{AB}$ <i>2B: Doble, 3B: Triple, HR: Homeru</i>

Figura 2. Modelo 1 de lanzador abridor de la liga Americana

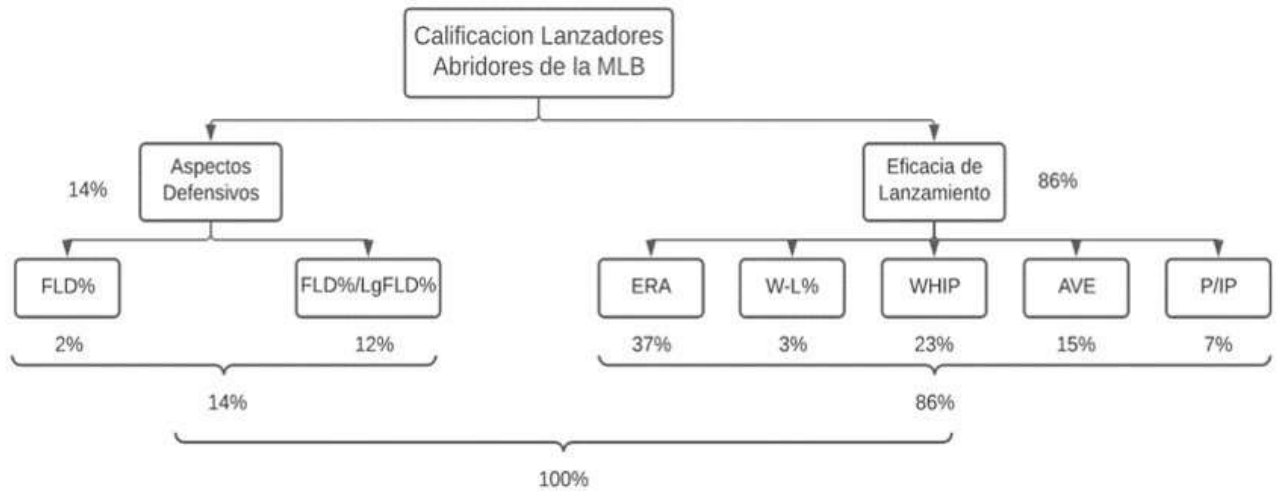


Figura 3. Modelo 2 de lanzador relevista de la liga Americana



Figura 4. Modelo 3 de lanzador abridor de la liga Nacional

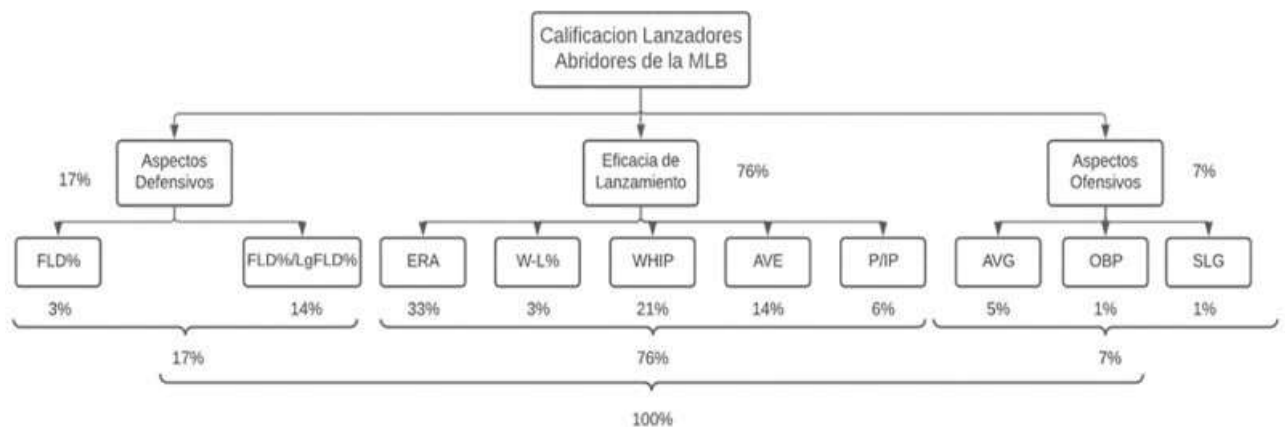
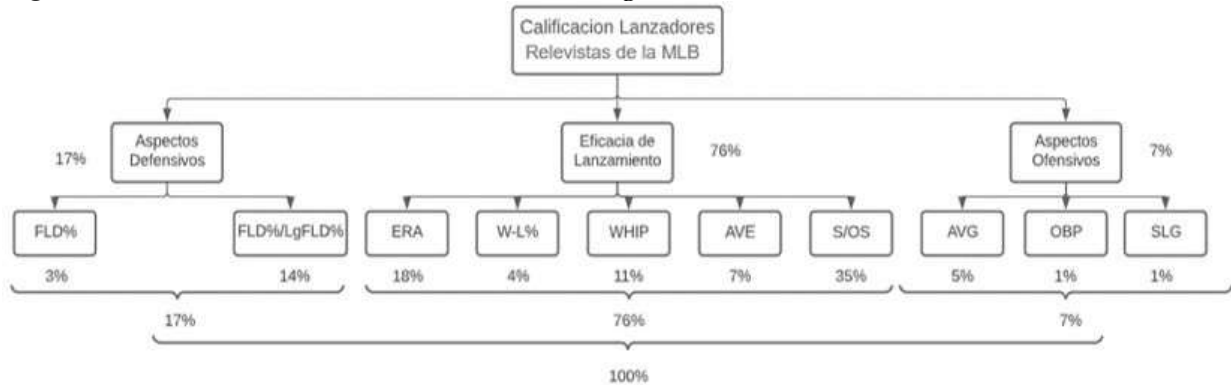


Figura 5. Modelo 4 de lanzador relevista de la liga Nacional



A continuación se ahonda brevemente en el procedimiento de obtención de los diferentes pesos de los modelos. Se va a considerar como ejemplo parte del modelo 1 de la Figura 2.

Para determinar los pesos del nivel de criterios se aplicaron encuestas a los cinco expertos. El experto 1 respondió como se indica en la Tabla 5. De donde resulta la matriz de comparación pareada

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0.2 \\ 5 & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Aplicando un procedimiento similar se computan las matrices de los expertos restantes

$$A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0.167 \\ 6 & 1 \end{pmatrix}, A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0.143 \\ 7 & 1 \end{pmatrix}, A_4 = \begin{pmatrix} 1 & 0.2 \\ 5 & 1 \end{pmatrix}, A_5 = \begin{pmatrix} 1 & 0.143 \\ 7 & 1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Estas matrices se combinan en una sola, mediante el cálculo de la media geométrica. Luego, la matriz resultante se normaliza a través de la suma por columna y el vector de prioridades se obtiene computando el promedio de las filas de la matriz normalizada. Las operaciones pueden apreciarse en la Tabla 6.

Tabla 5. Encuesta aplicada al experto 1 para evaluar su preferencia en el nivel de criterios del modelo de la Figura 2

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Aspecto defensivo						X			
Eficacia de lanzamiento									

Tabla 6. Vector de pesos resultantes en el nivel de criterios del modelo de la Figura 2

Matriz de comparaciones (media geométrica)	Matriz normalizada		Vector de pesos
1	0.14	0.14	0.14
6	0.86	0.86	0.86

Para entender como se trabaja en el nivel de subcriterios del modelo 1 de la Fig. 2 se muestra como se obtienen los pesos de los subcriterios *coeficiente defensivo (Fld)* y *coeficiente defensivo con respecto a la liga*

(*Fld/lgFld*). Luego de consultar a los expertos y de agregar las matrices de comparación a través de la media geométrica se obtienen los resultados de la Tabla 7.

Tabla 7. Vector de pesos resultantes en parte del nivel de subcriterios del modelo 1 de la Figura 2

Matriz de comparaciones (media geométrica)		Matriz normalizada		Vector de pesos
1	0.2	0.167	0.167	0.167
5	1	0.833	0.833	0.833

Finalmente, los pesos del nivel de subcriterios defensivos  $(0.167, 0.833)^T$  se multiplican por el peso del *aspecto defensivo* (0.14). Lo que origina  $(0.02, 0.12)^T$  y de esta manera se determina la distribución de la importancia de un 14 % que los expertos

otorgaron al *aspecto defensivo* dentro de los subcriterios *coeficiente defensivo* y *coeficiente defensivo con respecto a la liga*. Repitiendo este procedimiento se obtienen los pesos restantes del modelo 1 de la Figura 2 y de cualquiera de los otros tres modelos que aparecen en la Figuras 3, 4 y 5.

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

En esta sección, los distintos modelos jerárquicos de lanzadores serán evaluados mediante cuatro pruebas. En la primera, se aplicará a los tres finalistas abridores, tanto de la Liga Americana (Modelo 1) como de la Liga Nacional (Modelo 3) del premio *Cy Young* del año 2021. En la segunda, a los tres finalistas relevistas del premio *Trevor Hoffman* del año 2017 (Modelo 4). En la tercera, a los tres finalistas relevistas del premio *Mariano Rivera* del año 2017 (Modelo 2). Finalmente, la cuarta prueba, se aplicará a un conjunto de abridores

venezolanos que hicieron carrera en la MLB (Modelo 1). Todas las estadísticas necesarias se consultaron sin dificultad en los sitios web de la *mlb* y de la cadena deportiva de TV *espn*.

**Prueba 1:** Premio *Cy Young* Liga Americana.

Los finalistas para el premio *Cy Young* durante la temporada 2021 de la Liga Americana fueron los abridores: Gerrit Cole (*Yankees*), Lance Lynn (*White Sox*) y Robbie Ray (*Blue Jays*). Se empleó el Modelo 1 y las estadísticas consultadas de los lanzadores aparecen en la Tabla 8.

Tabla 8. Estadísticas de abridores finalistas de la Liga Americana para el premio *Cy Young* de 2021

	<i>Fld</i>	<i>Fld/lgFld</i>	<i>ERA</i>	<i>W – L</i>	<i>WHIP</i>	<i>AVE</i>	<i>P/IP</i>
<b>Gerrit Cole</b>	1.00	1.02	3.23	0.67	1.06	0.223	16.37
<b>Lance Lynn</b>	0.80	0.81	2.69	0.65	1.07	0.209	17.07
<b>Robbie Ray</b>	0.95	0.96	2.84	0.65	1.04	0.210	16.25

Dado que las estadísticas *ERA*, *WHIP*, *AVE* y *P/IP* son inversas (un mejor resultado corresponde a un mínimo), para utilizarlas dentro del formalismo AHP deben transformarse en directas. A ese fin

se determinaron los peores resultados durante el año 2021 para esas estadísticas y luego se sustrae de esa cantidad la estadística real con el objeto de obtener el equivalente directo. Los peores resultados

fueron  $ERA = 5.82, WHIP = 1.53, AVE = 0.290$  y  $P/IP = 17.85$ . Luego de normalizar cada columna dividiendo por la suma de los valores de esa columna y multiplicando por el vector de pesos de los

subcriterios del modelo 1 se obtiene el resultado de la Tabla 9 (se está aplicando el método de la columna normalizada descrito al final de la sección 2)

**Tabla 9.** Resultados de la aplicación del modelo 1 a los abridores finalistas de la Liga Americana para el premio Cy Young de 2021

	Fld	Fld/lgFld	ERA	W - L	WHIP	AVE	P/IP		Ponderación de subcriterios (Modelo 1)		Vector de pesos
Gerrit Cole	0.3636	0.3636	0.2977	0.3395	0.3310	0.2939	0.3834	*	Fld	0.02	0.321
Lance Lynn	0.2909	0.2909	0.3598	0.3295	0.3239	0.3553	0.2021		Fld/lgFld	0.12	0.329
Robbie Ray	0.3455	0.3455	0.3425	0.3310	0.3451	0.3509	0.4150		ERA	0.37	0.349
									W - L	0.03	
									WHIP	0.23	
									AVE	0.15	
									P/IP	0.07	

Como se puede observar, la mejor alternativa arrojada por el modelo fue el lanzador Robbie Ray quien finalmente fue distinguido como el ganador del premio Cy Young 2021 de la Liga Americana.

**Prueba 1:** Premio Cy Young Liga Nacional.

Luego de convertir las variables inversas en directas y efectuar la normalización por columnas de las estadísticas de los abridores finalistas de la liga Nacional del premio Cy Young de la temporada 2021 se obtienen los resultados de la aplicación del modelo 3 en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Estadísticas normalizadas de los abridores finalistas de la Liga Nacional para el premio Cy Young de 2021

	Fld	Fld/lgFld	ERA	W - L	WHIP	AVE	P/IP	AVG	OBP	SLG
Corbin Burnes	0.3299	0.3299	0.3463	0.3337	0.3315	0.3309	0.2500	0.4873	0.5525	0.4464
Max Scherzer	0.3422	0.3422	0.3432	0.3822	0.3764	0.3903	0.3212	0.0000	0.0000	0.0000
Zack Wheeler	0.3279	0.3279	0.3105	0.2831	0.2921	0.2788	0.4288	0.5127	0.4475	0.5536

Después de multiplicar los resultados de la Tabla 10 por el vector de pesos de los

subcriterios del modelo 3 de la Fig. 4 resulta el vector de prioridades

$(0.34, 0.33, 0.33)^T$  lo que indica que la elección que satisface de manera integral todos los atributos corresponde al abridor Corbin Burnes quien precisamente fue el ganador del premio Cy Young por la Liga Nacional en 2021.

**Prueba 2:** Premio Trevor Hoffman temporada 2017 (Liga Nacional).

Luego de convertir las variables inversas en directas (Peores estadísticas del año 2017:  $ERA = 5.52, WHIP = 1.54, AVE = 0.308$ ) y efectuar la normalización de las estadísticas de los relevistas finalistas de la liga Nacional del premio Trevor Hoffman de la temporada 2017 se obtienen los resultados de la aplicación del modelo 4 en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Estadísticas normalizadas de los relevistas finalistas de la Liga Nacional para el premio Trevor Hoffman de 2017

	Fld	Fld/lgFld	ERA	W - L	WHIP	AVE	S/OS	AVG	OBP	SLG
Wade Davis	0.3371	0.3371	0.2885	0.3571	0.2548	0.3202	0.3448	0.0000	0.0000	0.0000
Kenley Jansen	0.3248	0.3248	0.3763	0.5357	0.5032	0.3438	0.3471	1.0000	1.0000	1.0000
Corey Knebel	0.3381	0.3381	0.3351	0.1071	0.2420	0.3360	0.3081	0.0000	0.0000	0.0000

Después de multiplicar los resultados de la Tabla 11 por el vector de pesos  $(0.03, 0.14, 0.18, 0.04, 0.11, 0.07, 0.35, 0.05, 0.01, 0.01)^T$  de los subcriterios del modelo 4 de la Fig. 5 resulta el vector de prioridades  $(0.30, 0.42, 0.28)^T$  lo que indica que la elección que satisface de manera integral todos los atributos corresponde al relevista Kenley Jansen quien precisamente fue el ganador del premio Trevor Hoffman por la Liga Nacional en 2017.

**Prueba 3:** Premio Mariano Rivera temporada 2017 (Liga Americana).

Luego de convertir las variables inversas en directas y efectuar la normalización

de las estadísticas de los relevistas finalistas de la liga Americana del premio Mariano Rivera de la temporada 2017 se obtienen los resultados de la aplicación del modelo 2 en la Tabla 12. Después de multiplicar los resultados de la Tabla 12 por el vector de pesos de los subcriterios del modelo 2 de la Fig. 3 resulta el vector de prioridades  $(0.31, 0.36, 0.33)^T$  lo que indica que la elección que satisface de manera integral todos los atributos corresponde al relevista Craig Kimbrel quien precisamente fue el ganador del premio Mariano Rivera por la Liga Nacional en 2017.

**Tabla 12.** Estadísticas normalizadas de los relevistas finalistas de la Liga Americana para el premio Mariano Rivera de 2017

	Fld	Fld/lgFld	ERA	W - L	WHIP	AVE	S/OS
Ken Giles	0.3214	0.3214	0.2930	0.2900	0.3261	0.3051	0.3555
Craig Kimbrel	0.3571	0.3571	0.3722	0.3900	0.3739	0.3559	0.3365
David Robertson	0.3214	0.3214	0.3348	0.3186	0.3000	0.3390	0.3281

**Prueba 4:**

En esta última prueba, se evaluarán una serie de lanzadores abridores venezolanos emblemáticos de la historia de la MLB. Los mismos son: Carlos Zambrano, Wilson Álvarez, Freddy García, Johan Santana y Félix Hernández. Durante esta prueba se utilizará el Modelo 1. Sin embargo, al tratarse de una serie de lanzadores que jugaban en diferentes décadas, no se tomará en cuenta el

coeficiente defensivo con respecto a la liga (estadística de aparición más reciente) por lo que el coeficiente defensivo absorberá el total de 14%. La Tabla 13 muestra las estadísticas (directas) de todos los lanzadores. Después de efectuar la normalización y la multiplicación por el vector de pesos  $(0.14, 0.37, 0.03, 0.23, 0.15, 0.07)^T$  del modelo 1 se obtiene la clasificación de la Tabla 14.

**Tabla 13.** Estadísticas de abridores venezolanos emblemáticos que hicieron carrera en la MLB

	Fld	ERA	W - L	WHIP	AVE	P/IP
Carlos Zambrano	0.9480	3.33	0.5919	0.6570	0.1060	1.9900
Wilson Álvarez	0.9700	3.03	0.5258	0.4000	0.0940	2.2100
Freddy García	0.9700	2.84	0.5909	0.4900	0.0840	2.8800
Johan Santana	0.9460	3.79	0.6406	0.6600	0.1140	3.2500
Felix Hernández	0.9640	3.57	0.5541	0.5800	0.1000	3.2500

**Tabla 14.** Ranking de lanzadores abridores venezolanos conforme a su carrera en la MLB

LANZADOR	Ponderación
Johan Santana	0.227
Félix Hernández	0.210
Carlos Zambrano	0.207
Freddy García	0.180
Wilson Álvarez	0.176

**CONCLUSIONES**

Un enfoque científico basado en la metodología AHP puede ser empleado en el análisis del desempeño deportivo y de esta manera contribuir en la definición de estrategias de juegos, en el otorgamiento de premios y en la resolución de problemas salariales. En esta investigación se elaboraron varios modelos que permiten seleccionar lanzadores de béisbol en sus roles de abridor y relevista a través de la evaluación de su desempeño deportivo

integral a través de la metodología AHP. Los diferentes modelos fueron validados mediante la adjudicación de premios emblemáticos de la MLB para abridores (Cy Young) y relevistas (Mariano Rivera y Trevor Hoffman). Los resultados de los modelos coinciden con los ganadores de los premios para las temporadas que se consideraron confirmando la factibilidad de los modelos propuestos. Una contribución de los modelos es que no

requieren la participación del equipo de expertos en la fase de evaluación de los jugadores debido a que las variables de los modelos son todas numéricas correspondiendo a las estadísticas de desempeño del jugador. Aunque los modelos se pensaron para emplearse en las grandes ligas de los Estados Unidos son lo

suficientemente generales para adaptarse a cualquier liga de béisbol profesional, en este sentido, sería recomendable su aplicación en la liga venezolana de béisbol profesional donde hay una carencia en el empleo de instrumentos matemáticos científicos para evaluar el desempeño de jugadores y equipos.

## REFERENCIAS

- Alonso, J. & Lamata, M. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge based Systems*, 14(4), 445-459. <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- Anderson, T. & Sharp, G. (1997). A new measure of baseball batters using DEA. *Annals of Operations Research*, 73, 141-155. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1018921026476>
- Apostolou, B. & Hassell, J. M. (1993). An overview of the analytic hierarchy process and its use in accounting research. *Journal of Accounting Literature*, 12(1), 1-28.
- Bodin, L. (1999). Use of the Analytic Hierarchy Process in major League Baseball. *Proc of ISAHF '99*, Japón.
- Bodin, L., & Epstein, E. (2000). Who's on First—with probability 0.4. *Computers & Operations Research*, 27(3), 205-215. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00002-7](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00002-7)
- Brown, A. (2022). Arbitration in the classroom: a classroom experiment to model MLBs salary arbitration. In *Teaching Sports Economics and Using Sports to Teach Economics* (pp. 208-219). Edward Elgar Publishing.
- Chen, C. & Chen, T. (2009). Starting Pitchers' Skills Positioning of CPBL in 2008. *Journal of Physical Education*, 8, 109-125.
- Chen, W. & Johnson, A. (2010). The dynamics of performance space of MLB pitchers. *Annals of Operations Research*, 181(1), 287-302. <https://doi.org/10.1007/s10479-010-0743-9>
- Chen, C., Lin, M., Lee, Y., Chen, T. & Tseng, C. (2010). Best starting pitcher of the Chinese Professional Baseball League in 2009. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Sport and Health Sciences*, 4(12), 2244-2246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1057327>
- Chen, C., Lee, Y. & Tsai, C. (2014). Professional Baseball Team Starting Pitcher Selection Using AHP and TOPSIS Methods. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 545-563. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868742>
- Chen, C. C., Chuang, C. J., Kuo, T. S., & Chen, W. I. (2018). Relationship between player performance and salary in a professional baseball league. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 4(3), 89-107. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1211628>
- Erturan-Ogut, E. E., & Kula, U. (2022). Selecting the right location for sports facilities using analytical hierarchy process. *Journal of Facilities Management*, . <https://doi.org/10.1108/JFM-09-2021-0103>
- Gould, E. & Winter, E. (2009). Interaction between worker and the technology of production: evidence from professional

- baseball. *The Review of Economics and Statistics*, 91(1), 188-200. <http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/rest.91.1.188>
- Hauptert, M. J. (2007a). Bonus clauses and the standard player contract. *The Baseball Research Journal*, 36, 109-116.
- Hauptert, M. (2007). *The Economic History of Major League Baseball*. EH.Net Encyclopedia. <https://eh.net/encyclopedia/the-economic-history-of-major-league-baseball/>
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications—A literature review. *European Journal of operational research*, 186(1), 211-228. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- Ho, W. & Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399-414. <https://10.1016/j.ejor.2017.09.007>
- Howard, L. & Miller, J. (1993). Fair play for fair play: estimating pay equity in professional baseball with DEA. *The Academy of Management Journal*, 36(4), 882-894. <https://doi.org/10.2307/256763>
- Huang, J. H., & Hsu, Y. C. (2021). A Multidisciplinary Perspective on Publicly Available Sports Data in the Era of Big Data: A Scoping Review of the Literature on Major League Baseball. *Sage Open*, 11(4). <https://10.1177/21582440211061566>
- Lee, Y. H. (2018). Common factors in Major League Baseball game attendance. *Journal of Sports Economics*, 19(4), 583-598. <https://doi.org/10.1177/1527002516672061>
- Liberatore, M. J. & Nydick, R. L. (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.05.001>
- Lanoue, M. R. & Revetta Jr, J. J. (1993). An analytic hierarchy approach to major league baseball offensive performance ratings. *Mathematical and computer modelling*, 17(4-5), 195-209. [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(93\)90188-5](https://doi.org/10.1016/0895-7177(93)90188-5)
- Manoj, M., Prashant, R., Parikh, V., & Chaudhary, A. (2018). American league baseball championship 2017 prediction using AHP. In *2018 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT)*, 469-473. <https://doi.org/10.1109/IC3IoT.2018.8668120>
- Mazur, M. (1994). *Evaluating the Relative Efficiency of Baseball Players*. In: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5\\_19](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0637-5_19)
- Micheli, T. & Volz, V. (2012). Debating immortality: application of DEA to voting for the baseball HOF. *Managerial and Decision Economics*, 33(3), 177-188. <https://doi.org/10.1002/mde.2543>
- Nisel, S., & Özdemir, M. (2016). Analytic hierarchy process & analytic network process in sport: a comprehensive literature review. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 8(3), 405-429. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v8i3.448>
- Nishizawa, K. (1995). A consistency improving method in binary AHP. *Journal of the operations research Society of Japan*, 38(1), 21-33. <https://doi.org/10.15807/jorsj.38.21>
- Panchal, S., & Shrivastava, A. K. (2022). Landslide hazard assessment using analytic hierarchy process (AHP): A case study of National Highway 5 in India. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(3), 101626. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.10.021>
- Powers, A. T. (2015). *The business of baseball*. McFarland.

- Real, A. (2019). The Advantages of Incorporating Mechanisms from the Salary Arbitration Models of MLB and the NHL in a Salary Arbitration System in MLS. *Pepp. Disp. Resol. LJ*, 19, 1. <https://via.library.depaul.edu/jslcp/vol1/iss1/7>
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill International.
- Saaty, T. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, 169(1), 1-29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*, 48(1), 2-8. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)
- Veisi, H., Deihimfard, R., Shahmohammadi, A., & Hydarzadeh, Y. (2022). Application of the analytic hierarchy process (AHP) in a multi-criteria selection of agricultural irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 267, 107619. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107619>
- Vistuer-Valdés, J. (1995). *Béisbol. La acción de batear*. Playa, Cuba: Editorial Científico-Técnica.
- Wan, F. X., Hu, D., & Tian, J. (2014). Evaluation of college coach capacity in USA. *Advanced Materials Research*, 998, 1693-1696. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.998-999.1693>
- Yong, W. (2021, March). Analytic Hierarchy Process and Intelligent Evaluation of Regional Sports Economic Data. In 2021 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS) (pp. 371-374). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITBS53129.2021.00098>

### Autores

**Pedro Teppa-Garran.** Ingeniero Electricista, Universidad Metropolitana; MSc Ingeniería Electrónica, Universidad Simón Bolívar; MSc Matemáticas, Universidad Simón Bolívar; PhD Sistemas de Control, Université Paul Sabatier, Francia; Postdoctorado en Sistemas de Control, LAAS – CNRS, Francia. Profesor Titular jubilado, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Profesor Titular, Universidad Metropolitana, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6384-3185>

Email: [ptepa@unimet.edu.ve](mailto:ptepa@unimet.edu.ve)

**Carlos Fernández-Da Costa.** Ingeniero de Producción Universidad Metropolitana, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2471-995X>

Email: [cfernandez@unimet.edu.ve](mailto:cfernandez@unimet.edu.ve)

Recibido: 22-02-2023

Aceptado: 12-06-2023

## Propuesta de integración de la ISO/IEC 17025 e ISO 9001 en los laboratorios de la Universidad de Boyacá

*Proposal for the integration of ISO/IEC 17025 and ISO 9001 in the laboratories of the University of Boyacá*

Johana Eraso Insuasty, Edna Cipagauta Esquivel, Laura Wilches Torres

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.479>

**Palabras clave:** Sistemas de gestión, integración, calidad, laboratorios, requerimientos

**Key words:** management systems, integration, quality, laboratories, requirements

### RESUMEN

La presente investigación, plantea una propuesta de integración para el sistema de gestión de los laboratorios de Química y Bioquímica de la Universidad de Boyacá, bajo los lineamientos de las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001; a fin de incrementar la competencia e idoneidad de los resultados generados e integrar estas dinámicas al sistema de gestión de la calidad de procesos de la Universidad. Esta investigación, se desarrolló en 3 fases principales: en primer lugar, un diagnóstico de los procedimientos realizados en los laboratorios y cumplimiento de requerimientos de las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001; posteriormente la revisión y selección del método de integración que se utilizará según los lineamientos de la norma UNE 66177 como metodología seleccionada y, finalmente el diseño de la propuesta de integración. Con el desarrollo de la investigación se concluye que la integración realizada logrará beneficios como la estandarización de procesos, reducción de costos, tiempos y documentos, en búsqueda de la mejora continua, tanto en los laboratorios objeto de estudio, como en las dinámicas institucionales en general.

### ABSTRACT

This research proposes an integration proposal for the management system of the Chemistry and Biochemistry laboratories of the University of Boyacá, under the guidelines of the ISO/IEC 17025 and ISO 9001 standards; in order to increase the competence and suitability of the results generated and to integrate these dynamics to the quality management system of the University's processes. This research was developed in 3 main phases: first, a diagnosis of the procedures carried out in the laboratories and compliance with the requirements of the ISO/IEC 17025 and ISO 9001 standards; then the review and selection of the integration method to be used according to the guidelines of the UNE 66177 standard as the selected methodology; and finally the design of the integration proposal. With the development of the research it is concluded that the integration will achieve benefits such as the standardization of processes, reduction of costs, time and documents, in search of continuous improvement, both in the laboratories under study, as well as in the institutional dynamics in general.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, la competencia global requiere que todas las organizaciones implementen sistemas de gestión que les permita estandarizar sus procesos conforme a los requisitos de la normatividad competente, logrando controlar y regular de manera estricta sus dinámicas para garantizar resultados de alta calidad (Moquillaza & Carrillo, 2017). Es así, que al inicio del 2019 el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) estableció una política nacional aplicada a todos los laboratorios (CONPES 3597: Prioridades para mejorar el cumplimiento de estándares de calidad) mediante la cual consolida a la acreditación de laboratorios como la principal estrategia para lograr reconocimiento y posicionamiento internacional, demostrando la competitividad del laboratorio al contar con procesos alineados a las directrices de las normas ISO 9001 (2015) e ISO/IEC 17025 (2017) y con ello la validez de sus resultados, brindando confianza al usuario y a la vez centrando la acreditación de laboratorios en un tema de interés en el sector público, privado y gubernamental (Gómez Solano, 2020).

Así mismo, recae una gran responsabilidad sobre los laboratorios universitarios al ser proveedores de servicios educativos, siendo inadmisibles que la gestión de sus procesos no se encuentre estandarizada de manera lógica y secuencial, para eliminar los procesos caóticos que no estén alineados con las exigencias legales y

normativas (Moquillaza & Carrillo, 2017). De esta manera, según García & Cepeda (2016) la acreditación de los procesos académicos, incluyendo los laboratorios, se debe llevar a cabo para garantizar la competitividad y el desarrollo de buenas prácticas, que a su vez faciliten la gestión interna y respalden los procesos investigativos. Así, se consolida la acreditación como una herramienta para satisfacer las necesidades de las partes interesadas: estudiantes, investigadores, patrocinadores (García & Cepeda, 2016).

Debido a la creciente tendencia de generación de laboratorios de calibración y ensayo en Colombia, se conoce que la mayoría de los laboratorios no cuentan con la acreditación correspondiente que les permita intervenir en actividades de diferentes sectores, tal como lo reporta el Diagnóstico de Servicios de la Infraestructura de la Calidad Colombiana; estudio en el cual se logran identificar los motivos por los cuales se solicitan los servicios de laboratorio internacionales y no de los nacionales, encontrando como principales factores la confiabilidad (4%), requisitos del proceso (4%), costos (4%), solicitud de auditorías cliente (4%) y por último, la falta de acreditación de laboratorios nacionales (84%); por lo cual se cataloga ésta última como el principal motivo para acceder a laboratorios internacionales y no hacer uso del servicio nacional (Global Quality and standards Programme -GQSP, 2020). Igualmente, cabe resaltar que, al año 2021 Colombia

contaba con 31 universidades con laboratorios acreditados en áreas específicas (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC, 2021). Frente a esta temática, se han realizado investigaciones en ámbitos académicos y organizacionales, relacionados con la integración de sistemas de gestión, especialmente de ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015), sin descartar que estas investigaciones contemplen otras normas para integrar. Algunos autores que desarrollaron estos estudios son: Nápoles, Isaac & Moreno (2015); Ortega (2015); Porras (2017); Alzate (2017); Abreo & Pinzón (2017); Moquillaza & Carrillo (2017); Ortiz (2018); Duran (2018); Rodríguez y Velasco (2018); Trujillo &

Pedraza (2019); Burítica et al. (2019); Gamba Orjuela (2020); y Loaiza Cruz et al. (2020).

Con base en la información mencionada anteriormente, la presente investigación, tiene como propósito plantear una propuesta de integración para el sistema de gestión de los laboratorios de Química y Bioquímica, bajo los lineamientos de las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001, para el caso particular de la Universidad de Boyacá, en Colombia.

Las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001 internacionales, al igual que en la mayoría de los países, tiene su equivalente en el sistema colombiano bajo el ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, con el sufijo NTC.

## METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en tres fases metodológicas de la siguiente manera:

**Fase 1. Diagnóstico.** Se identificaron las condiciones actuales de los laboratorios de Química y Bioquímica de la Universidad de Boyacá, haciendo énfasis en la información relacionada con el cumplimiento de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015), resaltando que en la actualidad los laboratorios de Química y Bioquímica de la Universidad de Boyacá, objeto de estudio de la presente investigación no cuentan con un sistema de gestión implementado, motivo por el cual algunos de los criterios de la opción A y B de la norma ISO/IEC 17025, principalmente referidos al apartado 8, no aplican. Para tal

fin se realizó una revisión bibliográfica de documentos técnicos y académicos asociados al tema de estudio, y posteriormente se diseñaron y aplicaron listas de chequeo para recolectar información específica sobre las normas en mención.

**Fase 2. Selección del método de integración.**

La presente investigación busca formular una propuesta de integración de las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001, por lo cual se analizaron los posibles métodos de integración más acordes, hallando metodologías de triangulación, cruce y factorial utilizadas y validadas por diferentes estudios que evalúan aspectos coincidentes. Sin embargo, se preseleccionaron aquellas normas guía que cuentan con una estructura de alto nivel. En

este contexto, para realizar dicha integración se tuvieron en cuenta algunas guías como la Guía para la integración de sistemas UNE 6617:2005 (AENOR, 2005), PASS 99 Especificaciones disponible al público (BSI, 2012), The Integrate use of Management System Standards (Hand Book) (2008), Guía ISO 72:2001 Directrices para la justificación y desarrollo de estándares de sistemas de gestión, así como el enfoque de la norma ISO en su Anexo SL; de las cuales se pueden obtener pautas o recomendaciones desde diferentes enfoques metodológicos de integración, destacando que la metodología para integrar los sistemas de gestión depende de las características y factores más relevantes de cada organización, como el contexto, recursos humanos, estructura y cultura de la organización, organismos certificadores y entorno institucional.

En este contexto, se seleccionó finalmente la norma UNE 66177:2005, la cual proporciona una serie de directrices para desarrollar, implantar y evaluar la integración de los Sistemas de Gestión que se encuentren adaptados dentro de una organización independientemente de su tamaño o actividad, basándose en la gestión por procesos como mejor método de integración, mediante la estructura del ciclo Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA) o de Deming (Hernández Arango, 2013). Como se ha mencionado, la norma UNE 66177 propone un modelo que contempla todos los procesos estratégicos, operacionales y de apoyo, promoviendo la

mejora continua e integración de todas las áreas internas de la organización (UNE 66177, 2005), evidenciando que el permanente cambio en el que se mantiene el mercado industrial, tecnológico, académico y de innumerables sectores, demanda que más organizaciones requieran integrar sus distintos sistemas de gestión buscando aumentar su eficacia y rentabilidad.

Por lo anterior, se seleccionó como directriz la norma UNE 66177:2005 (AENOR, 2005) para la integración de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015), la cual establece ciertos niveles de integración según las condiciones establecidas en el diagnóstico. De esta forma, para el desarrollo de esta fase se realizó un análisis del contexto, evaluando la madurez, la complejidad y el riesgo de los sistemas de gestión, para así, seleccionar el método de integración más pertinente.

**Fase 3. Diseño de la propuesta de integración.** De acuerdo con la información recolectada en las fases anteriores, se diseñó la propuesta de integración de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015), para los laboratorios de Química y Bioquímica; cabe destacar que esta propuesta de integración también contempla la construcción de diagramas y formatos que describen los procedimientos para realizar prácticas académicas e investigativas en los laboratorios en mención. Esta propuesta se realizó bajo los lineamientos establecidos por la norma UNE 66177 (AENOR, 2005).

## RESULTADOS y DISCUSIÓN

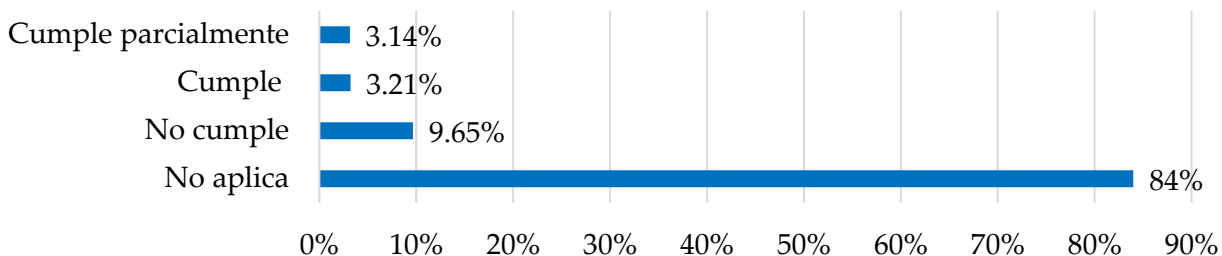
A continuación, se presentan los resultados obtenidos con el desarrollo de la investigación, teniendo en cuenta las tres fases metodológicas establecidas previamente.

### Resultados fase 1. Diagnóstico

En primer lugar, se realizó el diagnóstico del cumplimiento de los requisitos de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015), en dos laboratorios de la Universidad de Boyacá correspondientes a las áreas de Química y Bioquímica, dada su relevancia y uso constante principalmente por estudiantes de las facultades de Ciencias de la Salud e Ingeniería, esto se lleva a cabo mediante listas de chequeo diligenciadas por el jefe de laboratorios,

auxiliar de laboratorios y un docente de investigación. Cabe mencionar que las listas de chequeo contienen los requisitos respectivos de las normas ISO 9001 e ISO/IEC 17025 de manera independiente dadas las especificaciones puntuales de cada una que no pueden unificarse, teniendo en cuenta también las particularidades y dinámicas propias del objeto de estudio. Las listas de chequeo presentaron las siguientes opciones de respuesta: Cumple (C), Cumple parcialmente (CP), No cumple (NC) y No aplica (NA). De esta manera, la figura 1, muestra los resultados obtenidos con la aplicación de las listas en mención.

Figura 1. Cumplimiento de requisitos de la norma ISO/IEC 17025 :2017



Como se observa en la figura 1, el 84% de los ítems fueron catalogados bajo el criterio de No aplica, debido a que la gran mayoría hacen referencia a la prestación de un servicio externo que guarda confidencialidad y trazabilidad mediante la relación legal establecida, contrario al servicio prestado por los laboratorios de química y bioquímica, rigiéndose a estándares netamente académicos.

Por otro lado, el 3,21% de los ítems fueron catalogados como Cumple, debido a que estos laboratorios no cuentan con un referente normativo que permita estandarizar los procesos y procedimientos, impidiendo su alineación con los estándares del sistema de gestión ya implementado por la Universidad de Boyacá.

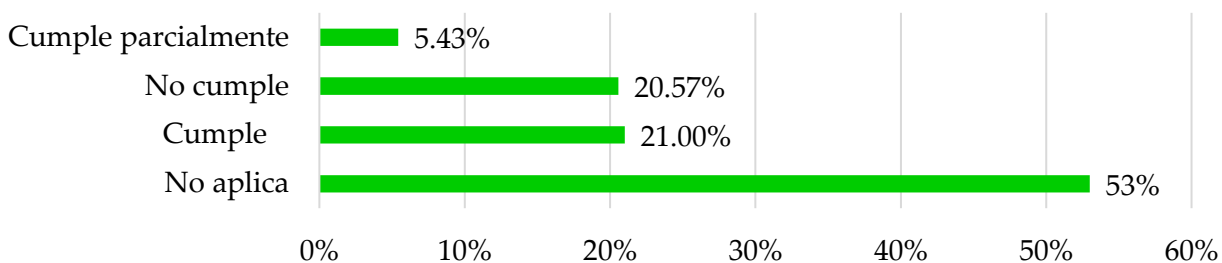
Finalmente, se identificó que el 9,65% de los parámetros fueron catalogados como No

cumple. debido a la falta de un sistema de gestión que adopte los lineamientos normativos y estandarice los procedimientos académicos e investigativos que se llevan a cabo en los laboratorios. Cabe mencionar que el 4,18% de los ítems hacen referencia a aquellos requisitos que se cumplen de manera aplicativa, sin embargo, no cuentan con una evidencia documental que respalde

dicho cumplimiento, representando un porcentaje significativo dentro de la evaluación total del criterio.

De igual forma, la figura 2 evidencia el porcentaje obtenido en cada criterio evaluado referente al cumplimiento de la norma ISO 9001:2015 en los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá, como se muestra en la figura 2.

**Figura 2.** Cumplimiento de requisitos de la norma ISO 9001:2015



Así, la figura 2, refleja que el 53% de los ítems se catalogaron como No aplica, debido principalmente al numeral 8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios, ya que la norma se refiere al diseño de un producto a ofertar en el mercado o para terceros, más no de un servicio académico como tal. Por otra parte, se encontró que el 21% de los ítems fueron catalogados como Cumple, evidenciando que, pese a no contar con un sistema de gestión de la calidad para los laboratorios de química y bioquímica, se tiene un avance documental y de gestión de algunos procesos normativos referentes a la ISO 9001, alineándose a los estándares del sistema de gestión de la calidad que posee, actualmente, la Universidad de Boyacá. Finalmente, el 20,57% de los ítems se catalogaron como No cumple, dado que los

requisitos normativos refieren el seguimiento y control de un sistema de gestión ya implementado con el cual los laboratorios aún no cuentan; por ende, no existen acciones de control, reporte y auditoria que puedan evidenciarse. Sin embargo, 5,67% de los ítems evaluados representaron aquellos que se cumplen de manera aplicativa, sin embargo, no se ha levantado la documentación física o digital que permita evidenciar dicho cumplimiento, por tanto, se recomienda levantar los registros y documentos necesarios para que se consideren como los ítems catalogados como Cumple.

**Método de integración**

En segundo lugar, se define el método de integración para las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001 bajo los lineamientos de la norma UNE 66177:2005 (AENOR, 2005),

para ello se llevan a cabo actividades referentes al análisis de contexto, considerando los beneficios y posibles dificultades de la integración, y se establece la madurez, complejidad, alcance y riesgo, para finalmente seleccionar el método de integración más adecuado, entre el básico, avanzado y experto. Tal como se presenta a continuación:

### **Análisis del contexto**

Para poder definir el método de integración más pertinente para las dinámicas de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá se realiza un análisis del contexto por medio de 4 preguntas definidas bajo los lineamientos de la norma UNE 66177 (AENOR, 2005):

-¿Qué capacidad y experiencia se posee para abordar el proceso de integración?

-¿Cuáles son las necesidades y expectativas de mis clientes y otras partes interesadas a las que debe satisfacer mi sistema integrado?

-¿Qué sistemas de gestión posee para dar respuesta a esas necesidades?

-¿Qué riesgos tiene la integración en mi organización?

Lo anterior, con el fin de reconocer los antecedentes de la Universidad de Boyacá respecto a la implementación de sistemas de gestión como lineamiento normativo para los diferentes procesos académicos y administrativos, e igualmente, identificar las necesidades y expectativas de las partes interesadas como principales involucrados de las dinámicas del sistema y finalmente indagar sobre la existencia de un sistema de gestión actual y los riesgos de la implementación dadas las condiciones

actuales de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad.

Así, de acuerdo con la norma UNE 66177 (AENOR, 2005) para la integración de sistemas es necesario realizar un análisis de contexto, donde se analizan cuatro aspectos importantes: madurez, complejidad, alcance y riesgo como se presenta a continuación:

### **Madurez**

Refiere la capacidad para la gestión por procesos, clasificándose entre cinco niveles (inicial, básico, avanzado, experto o premio), de acuerdo al contexto del caso de estudio; se define que la madurez de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá se encuentra en un nivel INICIAL, clasificación basada en su contexto actual donde la norma define los siguientes parámetros: sin aproximación formal, la actividad o proceso se realiza total o parcialmente, no se documenta de manera adecuada. A continuación, se muestra la evaluación de algunos parámetros de la norma para la definición de la madurez:

-Experiencia y eficacia de los sistemas de gestión y en el uso de herramientas de gestión: Nulo

-Estructura organizativa y funcional de la organización: Media

-Nivel de competencias del personal de la organización: Media – alta

### **Complejidad**

Contempla necesidades y expectativas actuales, a mediano plazo, de las partes interesadas de los laboratorios, evaluando, en primera instancia, los requisitos de clientes, de la sociedad y del personal. Este

ítem no aplica ya que los laboratorios no prestan servicio a terceros. En segundo lugar, se definen los requisitos de accionistas, propietarios o miembros societarios, haciendo alusión a los directivos los cuales, al igual que el personal, están descritos en el numeral anterior. Posteriormente, se analizan requisitos sectoriales o sociales que suscriba la organización, el cual por ser de servicio académico no aplica. Finalmente, se definen las estrategias de la organización donde se destaca el interés de la Universidad de Boyacá por formalizar, documentar y estandarizar sus procesos académicos y administrativos.

Dado lo anterior, según las condiciones actuales de los laboratorios se establece que únicamente le compete las regulaciones de laboratorio académicos más no de aquellos que brindan un servicio a terceros y por ende, no deben evaluar la satisfacción al cliente. Así, se establece que actualmente se cuenta con un nivel de complejidad Media.

#### *Alcance*

El alcance de la presente investigación define la extensión de los sistemas de gestión basado en los estándares de la norma UNE 66177 (AENOR, 2005), evaluando los siguientes elementos:

-Inventario de los sistemas y normas de gestión implementados. Sistema de Gestión de la Calidad implementado en el año 2013, basado en la norma ISO 9001:2008.

-Productos/servicios afectados por los sistemas de gestión actuales y futuros. Gestión de direccionamiento estratégico, Gestión de Admisiones y Matrículas;

Gestión de Recursos Bibliográficos, Gestión de Recursos Humanos, Gestión de Recursos Físicos, Gestión de la Calidad, Gestión de Recursos Tecnológicos, Gestión de Relaciones Interinstitucionales, Gestión de Bienestar Universitario, Gestión de Comunicaciones y Mercadeo, Gestión de Infraestructura Física.

-Procesos involucrados en los sistemas de gestión y su documentación para todos los sistemas. La Universidad de Boyacá contiene los mapas de procesos y toda la documentación correspondiente a los sistemas de gestión en el Centro de Documentación Digital Institucional (CEDI) el cual, por su carácter confidencial, tiene acceso limitado al personal administrativo de la universidad.

#### *Riesgo*

Este nivel considera los aspectos legales o fallos asociados al proceso de integración, teniendo que la ISO 9001 (ISO, 2015) contempla los riesgos: físico, químico, psicosocial, biológico y condiciones de seguridad, encontrada en la matriz de peligros y evaluación y valoración de riesgos, disponible en el Departamento de Química de la Universidad. Respecto a la norma ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) se contemplan los riesgos químicos derivados de los procesos operativos desempeñados en los laboratorios, principalmente el referido al manejo de sustancias químicas visualizados en la matriz de almacenamiento de reactivos, encontrada en los depósitos de los laboratorios, la cual cuenta con las fichas de seguridad, capacitaciones sobre las condiciones de seguridad para trabajar en los laboratorios

y los respectivos protocolos que garanticen la seguridad y reduzcan el riesgo. Por otra parte, siguiendo los parámetros de la norma UNE 66177 (AENOR, 2005), se establece el grado de cumplimiento de los requisitos legales competentes a los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá:

-Grado de cumplimiento de los requisitos legales: cumple satisfactoriamente, contando con equipos, herramientas y personal adecuado para brindar los servicios académicos referentes a prácticas académicas y actividades investigativas.

-Nivel de riesgo y valoración de las consecuencias: cumple satisfactoriamente ya que durante las auditorias institucionales de la Universidad de Boyacá, evalúa a los laboratorios como uno de los departamentos con mayor incidencia.

-Nivel de riesgo y valoración de las consecuencias de la integración: no aplica, dado que hasta el momento no se cuenta con un sistema de gestión implementado.

Con base en lo anterior, se establece que, los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá se encuentran en un nivel de riesgo bajo de acuerdo a la evaluación de los lineamientos de la norma UNE 66177 (AENOR, 2005).

#### ***Selección del método de integración***

En este apartado, se selecciona el método de integración más pertinente al caso de estudio en función, teniendo en cuenta la metodología seleccionada previamente (UNE 66177) y considerando el análisis del contexto y la determinación de sus niveles madurez, complejidad, riesgo y alcance, la

cual categoriza su gestión por procesos entre método básico, método avanzado o método experto, seleccionando el método de integración básico según dos factores cruciales: el primero referido a las condiciones actuales de los laboratorios, destacando que no cuentan con un marco normativo bajo el cual se rijan los procesos llevados a cabo, y como segundo factor se considera el nivel de madurez inicial. Este método de integración básico se caracteriza por no requerir una gran inversión para obtener resultados a corto plazo, reduciendo algunos de los riesgos contemplados anteriormente, y adecuándose a las necesidades y contexto de los laboratorios (UNE 66177, 2005).

Siguiendo los parámetros de la norma de integración UNE 66177 (AENOR, 2005) luego de seleccionar el método de integración básico dado su contexto y nivel de madurez, se procede a definir las acciones que se llevarán a cabo, teniendo en cuenta que este método no requiere experiencia en la gestión por procesos y es abordable desde todo tipo de organizaciones, adaptándose así a las necesidades de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá como caso de estudio de la presente investigación:

-Integración de la política: la Universidad de Boyacá garantiza que las operaciones académicas e investigativas realizadas en los laboratorios de química y bioquímica se llevan a cabo adecuada y satisfactoriamente, con el debido soporte documental que respalda la validez de los resultados obtenidos en las prácticas

académicas e investigativas, mediante un plan de trazabilidad que contemple todos los factores que incidan en el proceso, entre ellos el error humano, con el respectivo plan de contingencia para solventar las necesidades presentadas.

-Integración del manual: el Manual de Calidad de la Universidad de Boyacá identificado con el código GDE-M-01, Versión 0.3 se encuentra disponible en la página web, sección sistema de gestión de la calidad, abierta al público.

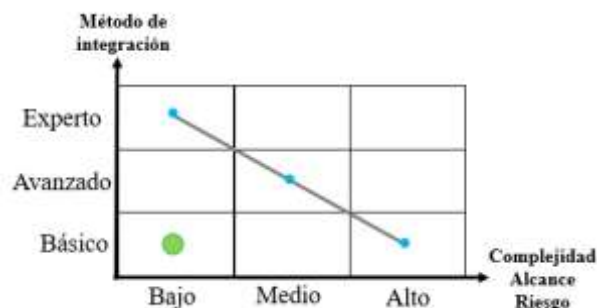
-Definición de responsabilidades y funciones: los roles, funciones y responsabilidades del personal de laboratorios se encuentran documentados bajo la denominación de "protocolos" y están disponible en el archivo del departamento de química, los cuales son de conocimiento de los responsables. Sin embargo, dichos documentos no han sido diseñados bajo el lineamiento de un referente normativo.

-Integración de procesos: actualmente los laboratorios no cuentan con ningún sistema de gestión implementado, sin embargo, en la siguiente fase están contemplados algunos de los formatos requeridos por los estándares normativos mencionados en el presente documento.

Teniendo en cuenta la evaluación de la complejidad, alcance y riesgo, dadas las condiciones actuales de los laboratorios y la intersección con el método de integración, se determinó que se encuentra en el primer cuartil Básico/Bajo, como se observa en la Figura 3.

**Figura 3.** Método de integración seleccionado.

Fuente: Adaptado de la UNE 66177:2005



De esta manera, se establece que la intersección en la que se encuentran ubicados los laboratorios de química y bioquímica refiere BAJA complejidad, alcance y riesgo, y un método de integración BÁSICO.

### Propuesta de integración

La propuesta tiene como objetivo diseñar algunas de las herramientas de proceso y documentales, como formatos, basados en el cumplimiento de los estándares normativos, para que los laboratorios se acerquen a un alto nivel de calidad en el que se incluya la implementación e integración de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015). Esta investigación servirá de base para que futuros estudios puedan profundizar en los dos capítulos restantes referidos a la implementación, revisión y mejora del sistema integrado de gestión, encontrados en la norma de integración UNE 66177 (AENOR, 2005).

Cabe resaltar que en el diseño de la propuesta de integración se realizaron catorce formatos basados en los requisitos de las normas ISO/IEC 17025 (ISO, 2017) e ISO 9001 (ISO, 2015) con el fin de

estandarizar procedimientos y brindar así mayor secuencialidad en su desarrollo. Para lo anterior se contempló el punto de encuentro entre normas y las listas de chequeo, identificando los requisitos transversales que facilitan la integración de sistemas.

Como se puede evidenciar la Tabla 1 contempla los formatos diseñados como parte de la propuesta de integración de la presente investigación, basados en los procesos desarrollados en los laboratorios, para así brindar al sistema de gestión un

mayor orden y estandarización. Es relevante señalar que el porcentaje inicial correspondiente para los ítems catalogados bajo el concepto “No cumple” en la norma ISO/IEC 17025:2017 representaban inicialmente el 9,65% y en la norma ISO 9001:2015 representaban inicialmente el 20,57%, sin embargo, al diseñar los formatos correspondientes los porcentajes disminuyeron a 5,47% y 14,89% respectivamente, evidenciando un aporte significativo para la investigación.

**Tabla 1.** Formatos de la propuesta de integración. Fuente. Elaboración propia. Adaptado de las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001 (ISO, 2015) (ISO/IEC, 2017)

Nombre del documento / o Formato	Norma	Numeral
Disponibilidad y horarios	ISO/IEC 17025	6.1 Generalidades (Requisitos relativos a los recursos)
		6.4.1 Los laboratorios tienen acceso al equipamiento (incluidos, pero sin limitarse a, instrumentos de medición, software, patrones de medición, materiales de referencia, datos de referencia, reactivos, consumibles o aparatos auxiliares) que se requiere para el correcto desempeño de sus actividades y que pueden influir en los resultados
Mecanismos de comunicación	ISO 9001	4.4 Sistema de Gestión y sus procesos d) Recursos necesarios y disponibilidad de los mismos
		4.4.2 Deberes de la organización a) Se mantiene la información documentada para apoyar la operación de sus procesos
Estado de equipos	ISO/IEC 17025	6.2.4 La dirección de los laboratorios comunica al personal sus tareas, responsabilidades y autoridad
	ISO 9001	7.4 Comunicación. La organización determina las comunicaciones internas y externas pertinentes al SGC, incluyendo lo siguiente: ¿Qué comunicar? ¿Cuándo comunicar? ¿A quién comunicar? ¿Cómo comunicar? ¿Quién comunica?
Estado de equipos	ISO/IEC 17025	6.4.8 Todos los equipos que requieran calibración o que tengan un periodo de validez definido se etiquetan, codifican o identifica de otra manera permitiendo la fácil identificación de equipos y su estado de la calibración o el periodo de validez
	ISO 9001	6.3 Planificación de los cambios. La organización considera lo siguiente: El propósito de los cambios y sus consecuencias potenciales

Nombre del documento / o Formato	Norma	Numeral
Rotulación de equipos en mal estado	ISO/IEC 17025	6.4.9 El equipo es aislado para evitar su uso o rotulado como fuera de servicio hasta que se haya verificado que funciona correctamente
	ISO 9001	7.1.5.2 Trazabilidad de las mediciones a) Se calibra o verifica a intervalos específicos, o antes de su uso, contra patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales. b) Se identifica para determinar su estado. c) Se protege contra ajustes, daño o deterioro que pudieran invalidar el estado de calibración y los posteriores resultados de la medición.
Registros de verificación de métodos usados	ISO/IEC 17025	7.2.1.5 Se conservan los registros de la verificación
	ISO 9001	7.1.5.1 La organización conserva la información documentada apropiada como evidencia de que los recursos de seguimiento y medición son idóneos para su propósito
Satisfacción al usuario PQR	ISO/IEC 17025	7.9 Quejas
	ISO 9001	5.1.2 c) Se mantiene el enfoque en el aumento de la satisfacción del cliente 9.1.2 Satisfacción al cliente
Seguimiento y resolución de PQR	ISO/IEC 17025	7.9.3 El proceso de tratamiento de quejas incluye al menos, los siguientes elementos y métodos.
	ISO 9001	8.2.1 Comunicación con el cliente. c) Obtiene la retroalimentación de los clientes relativa a los productos y servicios, incluyendo las quejas de los clientes. e) Establece los requisitos específicos para las acciones de contingencia
Acceso a la información	ISO/IEC 17025	7.11.1 Los laboratorios tienen acceso a los datos e información necesaria para llevar a cabo sus actividades.
	ISO 9001	7.5 Información documentada.
Infraestructura	ISO 9001	7.1.3 Infraestructura
	ISO/IEC 17025	6.3 Instalaciones y condiciones ambientales
Conocimiento de la organización	ISO 9001	7.1.6 Los conocimientos se mantienen a disposición
	ISO/IEC 17025	7.11 Control de datos y gestión de la información. Los laboratorios tienen acceso a los datos y a la información necesaria para llevar a cabo sus actividades.
Control de la producción y de la provisión del servicio	ISO 9001	8.5.1 La organización implementa la producción y provisión del servicio bajo condiciones controladas
	ISO/IEC 17025	6.2.5 Los laboratorios tienen procedimientos y conservan registros para: determinar los requisitos de competencia, seleccionar, formar, supervisar y autorizar al personal, realizando seguimiento de la competencia del personal
	ISO 9001	8.1 e) Planificación y control operacional

Nombre del documento / o Formato	Norma	Numeral
Planificación y control operacional	ISO/IEC 17025	8. Requisitos del Sistema de gestión. Los laboratorios deben establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión que sea capaz de apoyar y demostrar el logro coherente de los requisitos de este documento y asegurar la calidad de sus resultados.
Control de cambios	ISO 9001	8.5.6 Control de cambios
	ISO/IEC 17025	7.11 Control de los datos y gestión de la información
Mejora	ISO 9001	10.1 Generalidades (Mejora) 10.3 Mejora continua
	ISO/IEC 17025	8.6 Mejora

Se identificaron dos procesos determinantes, las prácticas académicas y las prácticas investigativas, estandarizando ambos procesos mediante su respectivo cuadro de procesos para brindar mayor claridad al usuario explicando

puntualmente cada paso que debe seguirse en la realización de la práctica, adicionalmente, se especifica bajo qué acciones puntuales deben ser implementados, como se muestra en la tabla 2 y 3.

**Tabla 2.** Procedimiento para realizar prácticas académicas

Proceso actual del SGC con el que se articula	Gestión Académica
<b>Procedimiento</b>	Servicio a estudiantes para el desarrollo de prácticas académicas de los diferentes programas de la Universidad de Boyacá.
<b>Objetivo</b>	Describir todas las actividades necesarias para realizar las prácticas académicas programadas, cumpliendo con los requisitos del sistema integrado de gestión basado en las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001.
<b>Alcance</b>	Programación de prácticas académicas de asignaturas de los diferentes programas que hacen uso de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá.
<b>Responsabilidad y autoridad</b>	<p>Director de Laboratorio: implementar, divulgar y mantener los procesos respectivos para el uso adecuado de los laboratorios de química y bioquímica, garantizando la adopción de los protocolos que den cumplimiento a los requisitos normativos.</p> <p>Docente encargado: realizar la solicitud anticipada del laboratorio mediante el plan de trabajo semestral, verificar la adopción de los protocolos y garantizar la correcta operación durante las prácticas.</p> <p>Auxiliar de laboratorio: llevar el registro de soporte a la documentación normativa, proporcionar las herramientas y acceso a los equipos necesarios para la práctica académica y verificar el uso adecuado de los laboratorios desde el ingreso hasta la salida de los participantes.</p> <p>Estudiante: cumplir con los protocolos de ingreso, adoptar las normas operativas y conductuales que garanticen el correcto desarrollo de la práctica, verificar las correctas condiciones del laboratorio antes de salir.</p>

...continuación **Tabla 2.** Procedimiento para realizar prácticas académicas

N°	Actividad	Descripción	ISO 9001	ISO/IEC 17025	Responsable
1	Solicitud de uso de laboratorios de química y bioquímica	De acuerdo con la programación semestral de prácticas académicas, solicitar el uso de laboratorio de química y bioquímica, especificando el horario, equipos e insumos requeridos.	4.4 4.4.2	6.1 6.4.1	Docente encargado
2	Programación de práctica	Una vez realizada y aprobada la solicitud de uso de laboratorios de química y bioquímica se verifican sus condiciones referentes a documentación, infraestructura, personal, seguimiento a resultados, acciones para prevenir errores humanos. Lo anterior de manera previa al ingreso de estudiantes, lo cual estará pautado por las especificaciones de la práctica y la respectiva asignatura.	8.5.1	6.2.5	Docente encargado
3	Reconocimiento de metodología de la práctica	Dentro de ítem de documentación como una de las condiciones a verificar, se debe solicitar al docente encargado la respectiva guía de laboratorio, con el fin de reconocer el fundamento teórico previo a la práctica, identificando entre otras cosas, conceptos, metodología, herramientas y equipo a utilizar, así como los protocolos normativos que deben cumplirse, referidos a la ISO /IEC 17025 e ISO 9001.	8.5.1	6.2.5	Estudiante
4	Durante el ingreso a laboratorios verificar:	Sí las condiciones locativas son adecuadas, es decir sí la infraestructura está acondicionada para las actividades realizadas en los laboratorios, en caso contrario, reportar y reprogramar la práctica.	7.1.3	6.3	Auxiliar de laboratorio
		Sí los equipos a utilizar durante la práctica se encuentran en condiciones adecuadas de operación.	6.3	6.4.8	Auxiliar de laboratorio
		En caso de identificar alguna anomalía en equipos de laboratorio se reporta y reprograma la práctica.	7.1.5.2	6.4.9	Auxiliar de laboratorio
5	Limpieza y desinfección de laboratorios	Posterior a la verificación de condiciones se limpia y desinfecta tanto el área locativa del laboratorio, herramientas y equipos a utilizar durante la práctica académica.	NA	NA	Estudiante
6	Desarrollo de la práctica académica	Realizar metodológica y secuencialmente el paso a paso de la guía de laboratorio, con el acompañamiento permanente del docente encargado.	NA	NA	Docente encargado
7	Al finalizar la práctica académica	Limpia y desinfecta tanto el área locativa del laboratorio, herramientas y equipos a usado durante la práctica académica.	NA	NA	Estudiante
		Regresar al auxiliar de laboratorio el material, equipo, sobrantes y de más elementos solicitados durante el ingreso a los laboratorios.	NA	NA	Estudiante
		Antes de retirarse del laboratorio realizar una encuesta de satisfacción al usuario, referente al cumplimiento de las actividades programadas durante la práctica académica	5.1.2 9.1.2	7.9	Estudiante
		En caso de presentar alguna queja reportarla con el debido formato y hacer trámite para que sea trabajada y se contemple dentro del plan de mejora.			Estudiante

...continuación **Tabla 2. Procedimiento para realizar prácticas académicas**

Anexos	
1	FOR001 Generalidades
2	FOR003 Estado de equipos
3	FOR004 Notificación por mal estado
4	FOR006 Satisfacción al usuario
5	FOR007 Tratamiento de quejas
6	FOR009 Infraestructura
7	FOR011 Control de la Producción y provisión del servicio
Revisó:	Aprobó:
_____	_____
Nombre:	Nombre:
Cargo:	Cargo:

**Tabla 3. Procedimiento para realizar prácticas investigativas**

Proceso actual del SGC con el que se articula	Gestión de Investigación					
Procedimiento	Servicio a estudiantes para el desarrollo de prácticas investigativas de los diferentes programas de la Universidad de Boyacá.					
Objetivo	Describir todas las actividades necesarias para realizar las prácticas investigativas programadas, cumpliendo con los requisitos del sistema integrado de gestión basado en las normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001.					
Alcance	Programación de prácticas investigativas según los estudios realizados y las practicas programadas que requieren el uso de los laboratorios de química y bioquímica de la Universidad de Boyacá.					
Responsabilidad y autoridad	Director de Laboratorio: implementar, divulgar y mantener los procesos respectivos para el uso adecuado de los laboratorios de química y bioquímica, garantizando la adopción de los protocolos que den cumplimiento a los requisitos normativos. Investigador: realizar la solicitud anticipada del laboratorio mediante el plan de trabajo semestral, cumplir adecuadamente los protocolos y garantizar la correcta operación durante las prácticas y verificar las correctas condiciones del laboratorio antes de salir. Auxiliar de laboratorio: llevar el registro de soporte a la documentación normativa, proporcionar las herramientas y acceso a los equipos necesarios para la práctica investigativa y verificar el uso adecuado de los laboratorios.					
N°	Actividad	Descripción	ISO 9001	ISO/IEC 17025	Responsable	Formato o registro
1	Solicitud de uso de laboratorios de química y bioquímica	De acuerdo con la programación semestral de prácticas investigativas, solicitar el uso de laboratorio de química y bioquímica, especificando el horario, equipos e insumos requeridos.	4.4 4.4.2	6.1 6.4.1	Investigador	FOR001 Generalidades

... continuación **Tabla 3. Procedimiento para realizar prácticas investigativas**

2	Durante el ingreso a laboratorios verificar:	Sí las condiciones locativas son adecuadas, es decir sí la infraestructura está acondicionada para las actividades realizadas en los laboratorios, en caso contrario, reportar y reprogramar la práctica.	7.1.3	6.3	Auxiliar de laboratorio	FOR009 Infraestructura
		Sí los equipos a utilizar durante la práctica se encuentran en condiciones adecuadas de operación.	6.3	6.4.8	Auxiliar de laboratorio	FOR003 Estado de equipos
		En caso de identificar alguna anomalía en equipos de laboratorio se reporta y reprograma la práctica.	7.1.5.2	6.4.9	Auxiliar de laboratorio	FOR004 Notificación por mal estado
3	Reporte extraordinario	En caso de tener una solicitud y/o duda adicional respecto a los laboratorios de química y bioquímica, previo al uso y operación dentro de los mismos reportar mediante el respectivo protocolo.	7.4	6.2.4	Investigador	FOR002 Mecanismos de comunicación
4	Programación de práctica	Una vez realizada y aprobada la solicitud de uso de laboratorios de química y bioquímica se verifican sus condiciones referentes a documentación, infraestructura, personal, seguimiento a resultados, acciones para prevenir errores humanos. Lo anterior de manera previa a su ingreso, lo cual estará pautado por las especificaciones de la práctica investigativa.	8.5.1	6.2.5	Investigador	FOR011 Control de la Producción y provisión del servicio
5	Reconocimiento de metodología de la práctica	Dentro de ítem de documentación como una de las condiciones a verificar, se debe verificar la guía de laboratorio investigativo.	8.5.1	6.2.5	Investigador	FOR011 Control de la Producción y provisión del servicio
6	Aplicación de práctica investigativa	Aplicar la guía correspondiente de acuerdo con los objetivos de la práctica, siguiendo los lineamientos normativos de la ISO/IEC 17025 e ISO 9001	7.1.5.1	7.2.1.5	Investigador	FOR005 Verificación de métodos
7	Cambios	En caso de presentarse algún cambio y/o contingencia respecto a la práctica investigativa, reportar oportunamente y seguir el protocolo.	8.1	8	Investigador	FOR012 Planificación y control operacional
8	Limpieza y desinfección de laboratorios	Posterior a la verificación de condiciones se limpia y desinfecta tanto el área locativa del laboratorio, herramientas y equipos a utilizar durante la práctica.	NA	NA	Investigador	NA

... continuación **Tabla 3. Procedimiento para realizar prácticas investigativas**

9	Desarrollo de la práctica	Realizar metodológica y secuencialmente el paso a paso de la guía de práctica investigativa, con la colaboración del auxiliar de laboratorio.	NA	NA	Investigador	NA
10	Al finalizar la práctica académica	Limpia y desinfecta tanto el área locativa del laboratorio, herramientas y equipos a usado durante la práctica investigativa.	NA	NA	Investigador	NA
		Regresar al auxiliar de laboratorio el material, equipo, sobrantes y de más elementos solicitados durante el ingreso a los laboratorios.	NA	NA	Investigador	NA
		Antes de retirarse del laboratorio realizar una encuesta de satisfacción al usuario, referente al cumplimiento de las actividades programadas durante la práctica investigativa.	5.1.2 9.1.2	7.9	Investigador	FOR006 Satisfacción al usuario
11	Reporte final	En caso de presentar alguna queja reportarla con el debido formato y hacer trámite para que sea trabajada y se contemple dentro del plan de mejora.	8.2.1	7.9.3	Investigador	FOR007 Tratamiento de quejas
		Al finalizar la práctica investigativa se realiza un reporte general para aportar al proceso de mejora continua de los laboratorios de química y bioquímica	10.1 10.3	8.6	Investigador	FOR014 Mejora

Anexos

1	FOR001 Generalidades
2	FOR002 Mecanismos de comunicación
3	FOR003 Estado de equipos
4	FOR004 Notificación por mal estado
5	FOR005 Verificación de métodos
6	FOR006 Satisfacción al usuario
7	FOR007 Tratamiento de quejas
8	FOR009 Infraestructura
9	FOR011 Control de la Producción y provisión del servicio
10	FOR012 Planificación y control operacional
11	FOR014 Mejora

Revisó:	Aprobó:
_____	_____
Nombre:	Nombre:
Cargo:	Cargo:

Con base en lo anterior, es relevante mencionar que las listas de chequeo de los referentes normativos ISO/IEC 17025:2017

e ISO 9001:2015 se consolidaron como una herramienta principal en el diagnóstico acertado de los laboratorios referente a las

condiciones de operación, permitiendo así, considerar las necesidades y diseñar una propuesta que beneficiará tanto al departamento de química y bioquímica como a la Universidad de Boyacá a nivel institucional.

Mediante la norma UNE 66177:2005, la presente investigación logra clasificar el método de integración de las normas

ISO/IEC 17025:2017 e ISO 9001:2015 como un estado BÁSICO, debido a que se cuenta con un acercamiento a la estandarización de procesos mediante la implementación de un referente normativo, más, sin embargo, se requiere la adopción de lineamientos que conlleven a un cumplimiento mayor de los requisitos de las normas.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de la presente investigación, se reafirma la importancia de contar con sistemas integrados de gestión a nivel institucional, que permitan consolidar y organizar las dinámicas desarrolladas a través de los diferentes procesos. Para el caso puntual de los laboratorios de Química y Bioquímica de la Universidad de Boyacá, éstos aún no son contemplados en el sistema de gestión institucional debido a que actualmente no desarrollan procesos que intervengan transversalmente en las dinámicas de la institución, razón por la cual se plantea una

propuesta de integración basada en las condiciones reales de los laboratorios.

La propuesta de integración realizada cuenta con formatos, tablas y diagramas basados en las normas ISO/IEC 17025:2017 e ISO 9001:2015 como referente normativo con el fin de estandarizar los procedimientos de prácticas académicas e investigativas, como los principales procesos que se llevan a cabo en los laboratorios. Lo anterior, pretendiendo incrementar el grado de cumplimiento de las normas y respaldar así su competitividad y la veracidad de los resultados obtenidos; con la proyección de facilitar la incorporación al sistema de gestión de la calidad de la Universidad de Boyacá.

## REFERENCIAS

Abreo Rojas, N. & Pinzón Rodríguez, N. N. (2017). Guía para la implementación de NTC ISO 9001:2008, NTC ISO 14001:2004 y NTC OHSAS 18001:2007, basada en los hallazgos de las auditorías de certificación realizadas por el ICONTEC 2 entre junio de 2012 y junio de 2015. *SIGNOS Investigación en Sistemas de Gestión*, 9(2), 149-158.

<https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2017.0002.09>

Alzate-Ibañez, A. (2017). ISO 9001:2015 Base para la sostenibilidad de las organizaciones en países emergentes. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22(80), 576-592.

<https://doi.org/10.37960/revista.v22i80.23175>

Asociación Española de Normalización y Certificación -AENOR (2005). *Guía para la*

- integración de los sistemas de gestión (Norma UNE 66177:2005). Madrid, España: AENOR.
- British Standards Institution – BSI (2012). *BSI British Standards. PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION. Specification of common management system requirements as a framework for integration* (PAS 99:2012). London: BSI.
- Burítica Macías, A, Burítica Noreña, C., & López Quintero, J. (2019). ISO 9001 versión 2015 guía de implementación revisión de caso. *Scientia et Technica*, 24(2), 250-255. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/22101/13971>
- Cruz Loaiza, N., Gómez Sotelo, L., Sánchez Torres, K. (2020). *Implementación del sistema de gestión de la calidad bajo los lineamientos de la NTC/ISO 9001/2015 como complemento de la norma NTC/ISO/IEC17025/2017 en Domat Metrología S.A.S. (Trabajo de grado)*. Universidad Santo Tomás, Pereira, Colombia.
- Duran Murcia, M., Serna Nuñez, R., & Montañez Camacho, Y. (2018). *Diseño de un sistema integrado de gestión bajo la aplicación de las normas ISO 9001:2015 OHSAS 18001:2007, para el mejoramiento continuo del proceso en el área de compras de la fundación universitaria Horizonte, en la ciudad de Bogotá (Monografía)*. Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gamba Orjuela, J. (2020). *Propuesta para lograr la acreditación del laboratorio de ingeniería de métodos de la Universidad Católica de Colombia con base en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 (Trabajo de Grado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- García Pérez, A., & Cepeda Páez, W. (2016). Propuesta de un sistema de gestión integrada para laboratorios de investigación universitarios. *SIGNOS Investigación En Sistemas de Gestión*, 6, 35-47. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2014.0001.02>
- Global Quality and Standards Programme. (2020). *Diagnóstico de servicios de infraestructura de la calidad colombiana*. Bogotá: GQSP. [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-10/Diagnostics\\_QI\\_Services.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-10/Diagnostics_QI_Services.pdf)
- Gómez Solano, L. (2020). *Guía metodológica para cumplimiento de los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración NTC-ISO/IEC 17025:2017 articulada con la NTC-ISO 9001:2015 en la dirección de laboratorios del servicio geológico colombiano (Trabajo de grado)*. Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Hernández, E. (2013). La integración de sistemas de gestión, opción para la competitividad en las organizaciones. *Revista Questionar*, 1(1), 93-111. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6315>
- Moquillaza Henríquez, S., & Carrillo Gomero, F. (2017). ISO 9001 y Gestión Académica para Entidades Universitarias. *Industrial Data*, 20(1), 27–36. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13504>
- Nápoles Rojas, F., Isaac Godínez, L., & Moreno Pino, R. (2015). La implantación de ISO 9001 en una Dirección Integrada de Proyectos. *Ingeniería Industrial*, 36(3), 275–285. <http://www.redalyc.org/pdf/3604/360442335005.pdf>
- Organismo Nacional de Acreditación de Colombia - ONAC. (2021). *Directorio de Acreditación*. Colombia: ONAC. <https://onac.org.co/directorio-de-acreditados/buscador-por-organismo>
- Organización Internacional de Normalización – ISO (2015). *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos* (ISO 9001:2015). Ginebra: ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Organización Internacional de Normalización – ISO (2017). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y*

- calibración (ISO/IEC 17025:2017). Ginebra: ISO. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-3:v2:es>
- Ortiz, Y. (2018). El Impacto de los Sistemas Integrados de Gestión HSEQ en Las Organizaciones de América Latina: Una Revisión Sistemática. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 2, 1–18. <https://sitios.vtte.utem.cl/rches/wp-content/uploads/sites/8/2019/01/revista-CHES-vol12-n2-2018-Ortiz-2.pdf>
- Porras Santiago, A. (2018). Propuesta para la integración de la Norma CWA 15793:2008 a las normas NTC-ISO 9001:2008, NTC-ISO 17025:2005 y NTC OHSAS 18001:2007 en el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Veterinario del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). *SIGNOS Investigación en Sistemas de Gestión*, 10(1), 103–112. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2018.0001.05>
- Rodríguez Vásquez, K., & Velasco Hernández, J. (2018). *Documentación de los procedimientos y funciones en los laboratorios de ingeniería mecánica de la Fundación Universitaria Los Libertadores, basados en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005 (Trabajo de Grado)*. Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá.
- Trujillo Suárez, F., & Pedraza Nájjar, X. (2019). Articulación entre la NTC - ISO 9001:2015 y los lineamientos de acreditación de programas del CNA en Unitrópico. *SIGNOS Investigación en Sistemas de Gestión*, 2, 119–130. <https://doi.org/10.15332/24631140.5085>

## Autores

**Johana Stephania Eraso Insuasty.** Ingeniera de Procesos, Magister en Sistemas Integrados de Gestión, Universidad de Boyacá; Grupo de Investigación LOGyCA, Tunja, Boyacá, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8400-9827>

Email: [jseraso@uniboyaca.edu.co](mailto:jseraso@uniboyaca.edu.co)

**Edna Carolina Cipagauta Esquivel.** Químico de Alimentos, Magister en Química, Universidad de Boyacá. Grupo de Investigación Núcleo, Tunja, Boyacá, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9982-9350>

Email: [eccipagauta@uniboyaca.edu.co](mailto:eccipagauta@uniboyaca.edu.co)

**Laura Daniela Wilches Torres.** Ingeniera Industrial, Magister en Administración de organizaciones, Universidad de Boyacá; Grupo de Investigación LOGyCA, Tunja, Boyacá, Colombia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8378-3757>

Email: [ldwilches@uniboyaca.edu.co](mailto:ldwilches@uniboyaca.edu.co)

Recibido: 17-08-2022

Aceptado: 28-04-2023

# Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana

*Criticality analysis for maintenance in welding equipment at a Mexican University*

Jesús Vicente González Sosa, Enrique Ávila Soler

<https://doi.org/10.54139/riant.v8i30.480>

*Palabras clave:* criticidad, mantenimiento, seguridad, soldadura, fallas

*Key words:* criticality, maintenance, safety, welding, faults

## RESUMEN

El mantenimiento es una actividad predominante en el sector educativo e industrial orientada a conservar en operación las áreas involucradas en él, tomando en cuenta el control adecuado, factor económico, seguridad y calidad; lográndose a través de las técnicas, como la criticidad y los medios tanto materiales como humanos en departamentos de mantenimiento. En este trabajo se usa el análisis de criticidad para mejorar las condiciones de operación de equipos de soldadura en los talleres y laboratorios de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco en México, garantizando el funcionamiento correcto y condiciones deseables de los equipos evitando los accidentes en usuarios. Para lo cual, se realizó un estudio de los equipos en su estado original, detectando las posibles fallas y posteriormente identificar los parámetros de criticidad en una evaluación de mantenibilidad. Un aspecto que sobresale de este análisis es la tendencia de las etapas de mantenimiento que se deben realizar a los equipos de los laboratorios de soldadura para mejorar sus condiciones de operación a largo plazo durante cada uno de los periodos académicos. Fomentando con esto un control adecuado por los usuarios y operarios.

## ABSTRACT

Maintenance is a predominant activity in the educational and industrial sector, oriented to keep in operation the areas involved in it, taking into account the adequate control, economic factor, safety and quality; achieved through techniques, such as criticality and both material and human resources in maintenance departments. In this work, the criticality analysis tool is used to improve the operating conditions of welding equipment in the workshops and laboratories of the Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco in México, guaranteeing the correct operation and desirable conditions of the equipment avoiding accidents in users. For this purpose, a study of the equipment in its original state was carried out, detecting possible failures and subsequently identifying the criticality parameters for a maintainability evaluation. An aspect that stands out from this analysis is the tendency of the maintenance stages that should be performed to the welding laboratory equipment to improve its operation conditions in the long term during each of the academic periods. This promotes an adequate control by users and operators.

## INTRODUCCIÓN

En los sectores industriales un análisis de criticidad forma parte de una metodología estructurada por jerarquías, que permite el fácil análisis y la toma de decisiones para disminuir en lo posible los riesgos y accidentes por un mal procedimiento en mantenimiento (Díaz et al., 2012). En ese sentido el uso de procesos, como la criticidad, permite mejorar las condiciones de uso y manipulación de equipos en función de la mantenibilidad.

Hoy en día existen industrial que tienen limitado el proceso de gestionar el mantenimiento de las áreas dentro de una empresa o utilizan los procedimientos de mantenimiento de forma inusual, por lo que hacer uso del proceso de criticidad, mejora en gran medida los fenómenos del mantenimiento (Flores et al., 2020).

La forma adecuada de seleccionar las variables de análisis para el procedimiento de criticidad permite identificar una jerarquía pertinente en el uso de equipos, maquinaria y herramienta en los procesos tecnológicos, que dependen de acciones concretas con el mantenimiento industrial (Enriques et al., 2019), y así mejorar la situación en las áreas involucradas con procesos de mantenimiento en sus diferentes tipos.

Algunos de los aspectos predominantes en los procesos de mantenimiento con la confiabilidad u la disponibilidad, que ofrecen la capacidad para que los equipos utilizados se mantengan en uso por períodos largos, durante su operación y el tiempo en porcentaje para el uso del

sistema (Muñoz & Cantos, 2021). En el caso de estudio, en este trabajo, se toman en cuenta la confiabilidad, debido a que se trata de equipos de laboratorio que se utilizan y requieren durante un periodo académico, por lo que es de gran interés el análisis en cuestión.

Una característica más, relacionada con el análisis de criticidad, se encuentra en sinergia con el mantenimiento basado en riesgos (MBR), como una parte fundamental en el mantenimiento de sistemas y/o equipos (Alfonso et al., 2022), como los que se analizan en el caso de estudio de este trabajo.

El presente trabajo consiste en aplicación de un análisis de criticidad a equipos del área de soldadura de un laboratorio universitario, a fin de garantizar el funcionamiento correcto y las condiciones deseables, evitando en lo posible, los accidentes y fallos en los procesos tanto para los docentes, alumnos y técnicos que hace uso constante de los equipos en el laboratorio de soldadura.

Además, uno de los objetivos de la investigación, es corregir fallas en equipos del área de soldadura en un laboratorio académico de la UAM-A, mediante la metodología de análisis de criticidad. La herramienta de análisis de criticidad y equipos del laboratorio requieren del conocimiento de los siguientes conceptos:

*El mantenimiento.* Es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que

estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tiene sus propias características (Botero, 1993).

*La teoría de criticidad.* Es un modelo y herramienta que permiten identificar la jerarquización por su importancia en los activos de una instalación sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos), enfocándose en la confiabilidad para identificar realidades específicas en los procesos que involucran su aplicación (Yam et al., 2019). En otras palabras, ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales de fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan (Parra & Crespo Márquez, 2019).

*Soldar.* Es una coalescencia localizada de metal o no metal producido al calentar el material a la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión solo con o sin el uso de material de relleno (Giraldo Barrada, 2012).

*La soldadura oxiacetileno.* En la industria se emplean a menudo en mezclas. El término general soldadura con oxígeno y gas combustible se aplica a las soldaduras en que se utiliza cualquier gas combustible. Como estos son altamente explosivos en determinadas condiciones, el soldador debe conocer y aplicar todas las precauciones de seguridad. La soldadura con flama (Pender, 2002).

*La soldadura de arco eléctrico.* Presenta una velocidad alta de deposición de material,

así como una velocidad de dilución, incrementando así la productividad y reduciendo a la vez los efectos indeseados de la dilución en la soldadura (Mostafa & Khajavi, 2006). Debido al mayor aporte térmico se determina un mayor porcentaje de dilución, mostrando una menor dureza en la unión soldada, los resultados de la microdureza medidos son el promedio de tres mediciones que puede calcularse cuyos valores están entre 806 y 862 HV, siendo consistentes con lo esperado para este material. Se observa un aumento de la microdureza al disminuir el aporte térmico. Este incremento estaría relacionado a un menor tamaño de cristalita y mayor contenido de elementos en solución producto de la menor dilución (Gualco et al., 2013; Maldonado Moscoso, 2021).

*El cilindro de óxido de acetileno.* Es un acumulador de acetileno que está fabricado de acero al silicio y en su interior presenta tapones de seguridad que actúan cuando la presión alcanza valores elevados, su color de identificación es el rojo. Para almacenar en forma segura el acetileno, se deposita en un cilindro o acumulador que consta de un material poroso con acetona y tiene la capacidad de disolver grandes cantidades de acetileno a una presión aproximada de 15 kgf/cm<sup>2</sup> sin alterar la estabilidad del gas (IPN-Cecyt 04, Sin año). Es un contenedor portátil cilíndrico que se usa para transportar y almacenar gases comprimidos utilizados en las actividades de soldadura y corte (Norma Oficial Mexicana, 2008).

*La máquina de soldadura eléctrica.* Este tipo de soldadora es la más utilizada hoy en día en

la industria, la máquina expuesta utiliza energía eléctrica en el cual se crea un arco eléctrico entre la pieza a soldar y el electrodo que se utilice. Brinda la corriente y voltajes en diferentes etapas del proceso de arco. Al comienzo del proceso el voltaje no tiene carga, esto también conocido como apertura voltaje del circuito. En el momento del contacto del electrodo con el metal de trabajo, se produce un corto circuito cuya consecuencia es el alza de la corriente repentinamente, luego, la máquina regula el voltaje que sale para mantener una corriente constante, la misma que se requiere para la transferencia del metal.

*La esmeriladora de banco.* Es una herramienta que hace girar dos discos de esmeril para afilar, cortar, dar forma, lijar, pulir y rectificar materiales como metal, madera o plástico. Consiste en un motor eléctrico en el que se acoplan los discos y con él se realizan las diferentes tareas (Truper, 2022).

*El extractor de aire.* Es un tipo de sistema para ventilación general por el cual se renueva el aire y la eliminación de los contaminantes en un espacio determinado (Romantchik-Kriuchkova et al., 2019).

Después de la descripción de los términos necesarios para realizar el análisis de criticidad, se han identificado los

problemas actuales en los equipos que se utilizan en el laboratorio de soldadura, con la finalidad de implementar el mantenimiento preventivo de forma trimestral en cada uno de ellos, por lo que dichos problemas son: a) En cilindros de oxiacetileno; desgaste de cuerdas de válvulas y lecturas erróneas de los manómetros (indican presión incorrecta). b) máquinas del soldar; rotura en contactos o puertos de conexión y cables quemados por colillas de soldadura. c) Esmeriladora de banco; sobre calentamiento, apagadores atascados y piedras lisas. d) Extractor de Aire; no se aspira de manera correcta el aire, mantenimiento de filtros, defectos en el motor, aspas rotas.

La hipótesis del estudio es que, al aplicar la metodología de análisis de criticidad, se determinan los valores de críticos para corregir las fallas en cada uno de los equipos del área de soldadura en un laboratorio académico de la UAM-A, los cuales serán esenciales en la toma de decisiones estratégicas de mejora del tipo de mantenimiento a implementar con la estrategia de disminuir los costos de operación como parte fundamental de los procesos de mantenimiento (Cedeño-Moreira & Gorozabel-Chata, 2021).

## METODOLOGÍA

El propósito de la investigación es analizar la criticidad en un laboratorio de soldadura

de la UAM Azcapotzalco, a través de un proceso que se dividen en siete etapas y se representan en el diagrama en la figura 1.

Figura 1. Metodología del proceso de análisis la criticidad

Etapa 1,2	Etapa 3,4	Etapa 5,6	Etapa 7
Análisis y estudio del entorno Sistema Elementos del sistema Variables y parámetros	Reconocimiento Colaboradores Asignación	Criterios de criticidad Aplicación de los formatos	Retroalimentación Sistema y mantenimiento
Evaluación de sistemas Estructura de análisis Robustez	Formatos AMEF Criticidad	Análisis de resultados Discusión de los resultados	Conclusión Implantación Tendencias de mejora

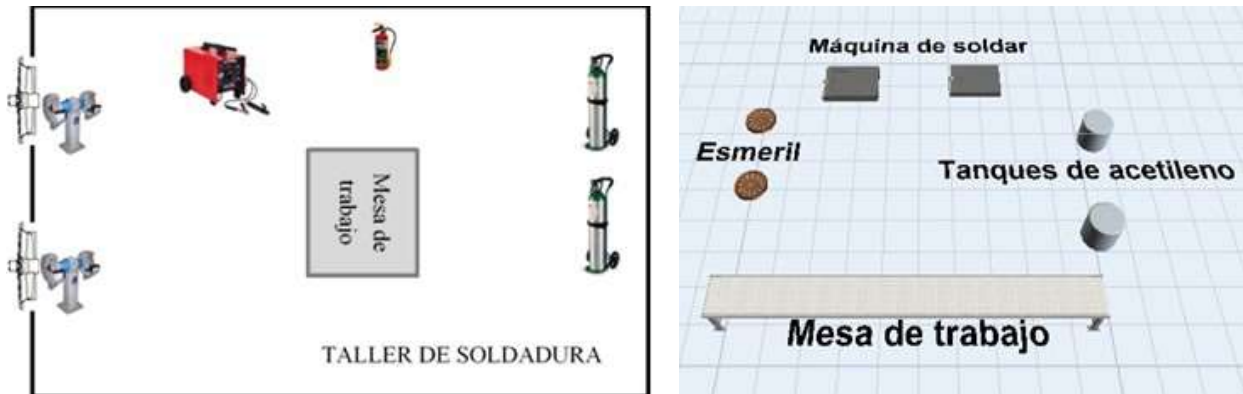
La figura 1, presenta la estructura del análisis de criticidad y se conceptualiza de acuerdo con las especificaciones del entorno en el cual se desea aplicar el procedimiento y se mencionan en las siguientes etapas:

- 1) *identifica los puntos a favor que se tienen en el caso de estudio para aplicar las herramientas necesarias y obtener los elementos o equipos específicos que se estudian,*
- 2) *se enfoca de manera puntal en seleccionar los equipos que presentan, a primera instancia, características que los alojan como especímenes de evaluación,*
- 3) *se debe contar con las especificaciones técnicas, y si es posible, el Dossier de cada uno de los equipos seleccionados para el análisis,*
- 4) *se deben elaborar formatos independientes para cada caso de estudio con los parámetros necesarios a interpretar por el analista,*
- 5) *se adentra en el procedimiento de la criticidad, puntos a cubrir, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la herramienta,*

- 6) *se lleva a cabo un análisis general y particular de cada uno de los equipos para identificar si existen errores o mejoras en los resultados de la criticidad, y por último,*
- 7) *permite obtener una retroalimentación por parte de los analistas después de llevar a cabo el proceso de revisión y con ello formular las conclusiones que se plantean para la implementación de mejoras del proceso.*

#### **Análisis y estudio del entorno**

En el proceso de aplicación de la metodología, es importante conocer la ubicación de los equipos a analizar, con el fin de determinar la viabilidad del espacio en el que se encuentran, la figura 2 se muestra la distribución física de los equipos en el laboratorio correspondiente. En la figura 2, se puede destacar que, los planos muestran una visión general de la ubicación y espacio de los equipos en laboratorio.

**Figura 2.** Distribución de los equipos en el laboratorio de soldadura**Elección de los equipos a evaluar**

Es importante conocer el estado en el cual se encuentran los equipos para así determinar la viabilidad para el análisis correspondiente con la criticidad en cada uno de ellos, por lo que, esta información se encuentra plasmada en la tabla 1.

En la tabla 1, se muestra y describen los equipos para identificar las ventajas de estos, la importancia en el uso y los posibles cambios de acuerdo con los resultados que muestra el análisis de criticidad en cada uno de ellos. De la misma manera, se involucran solo las secciones del laboratorio en donde se llevan a cabo las prácticas de soldadura. Nótese que, solo se está registrando el estudio a un equipo de soldadura eléctrica.

**Descripción y reconocimiento de los equipos**

El orden en el uso de los equipos se describe en el diagrama de la figura 3, siendo el protocolo de la elaboración de prácticas de laboratorio con soldadura eléctrica y consta de los pasos para verificación de condiciones iniciales,

conexión de cable a tierra, selección de electrodo y proceso de soldar.

El diagrama de la figura 3 es de relevancia, se visualizan las etapas comprendidas en el proceso de aplicación para la soldadura eléctrica. El uso adecuado de los equipos y materiales será base para complementar la información y realizar el análisis correspondiente que atañe a este trabajo.

La soldadura oxiacetilénica que contempla los pasos de verificación, limpieza de material, selección e inicio del proceso, ver la figura 4.

En este diagrama, figura 4, se descarta como parámetro de control el material de aporte para la soldadura por las mismas condiciones de que se trata de un proceso educativo, enfocado en el aprendizaje en la ingeniería.

**Agregar información en formato**

Al finalizar la recolección de información se procede al llenado del formato, figura 5, para dar inicio al proceso de análisis de criticidad en cada uno de los equipos mencionados anteriormente en un laboratorio de soldadura para comunidades universitarias.

Tabla 1. Estado actual de los equipos en el laboratorio de soldadura

Descripción general del equipo utilizado				
Nombre del equipo	Cilindro de óxido de acetileno	Máquina de soldar eléctrica	Esmeriladora de banco	Extractor
Cantidad disponible	2	1	2	1
Marca y modelo	INFRA.	PICCOLA 300 AC/AD	LUCERN Modelo 214 A	S/M
Fallas	Desgaste de cuerdas de válvulas. Las lecturas de los manómetros indican presión incorrecta.	Rotura en contactos o puertos de conexión. Cables quemados por colillas de soldadura.	Sobre calentamiento. Apagadores atascados. Piedras lisas.	No se aspira de manera correcta el aire. Mantenimiento de filtros. Defectos en el motor. Aspas rotas.
Frecuencia de Mantenimiento y acción para realizar	Se efectúa trimestralmente. Se calibran los manómetros, revisan la tubería y las válvulas y se sustituye cinta teflón.	Se efectúa trimestralmente. En los puertos de conexión se ha colocado un tubo de aluminio para el mejor funcionamiento.	Se efectúa trimestralment e. En las piedras de esmeril se aplica con una escofina y gis. Se revisan los apagadores.	Se realiza de manera trimestral para la verificación de las partes mecánicas y eléctricas.
Fotos de equipos				

Figura 3. Proceso de soldadura eléctrica

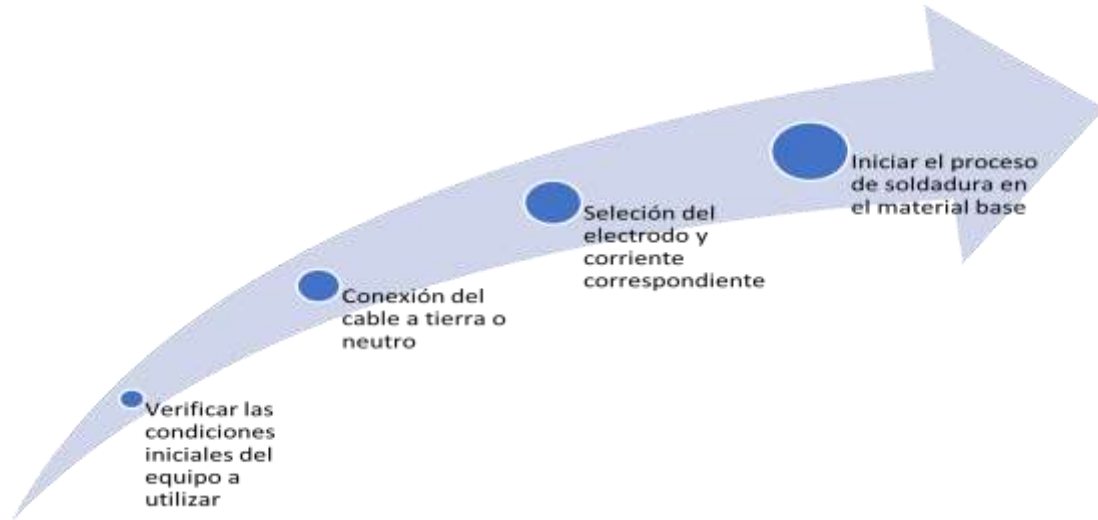


Figura 4. Proceso de soldadura oxiacetilénica



Figura 5. Formato de identificación de los equipos que se analizan por medio de criticidad

Formato de Identificación de equipos	
Folio: XXXXXX	Revisó:
Equipo:	Autorizó:
No. Serie:	Fecha de inicio:
No. Inventario:	Fecha de término:
Observaciones	
Descripción técnica	
Imagen/fotografía/diagrama	
Disposiciones de seguridad	
Accionamiento	
Puesta en marcha	
Condiciones de seguridad	
Estabilidad del equipo	
Ruido, vibraciones	

### Aplicación de los criterios de criticidad

#### 1) La matriz de criticidad.

Es una herramienta que ayuda a analizar de forma auditable cada tipo de falla o avería. Para la elaboración de la matriz de criticidad de una máquina, equipo o sistema, se deben considerar los siguientes puntos:

1. Descripción del proceso productivo en donde se identifica en cada parte del proceso qué tipo de operación se realiza (manual, semiautomático o automático).
2. Identificación de los subsistemas que

conforman el sistema. Se evalúa de forma global de cada equipo.

3. Definición del tipo de estructura del sistema (activo, pasivo, paralelo o en serie).
4. Se calcula la Criticidad Total para cada equipo.
5. Se determina el nivel de criticidad para cada equipo, con lo correspondiente a la matriz de criticidad.

Los criterios para el análisis de criticidad del estudio se detallan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Criterios aplicables para el análisis de criticidad

Criterios para determinar criticidad	Cuantificación
<b>Frecuencia de falla</b>	
Mayor a 4 fallas por año	4
2-4 fallas al año	3
1-2 fallas al año	2
Mínimo de 1 falla por año	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta - (recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibles)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costo de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a \$20.000,00	2
Menor o inferior a \$20.000,00	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente	0

Tomada de: Gutiérrez et al., 2022

Los criterios de la tabla 2, tienen el objetivo de evaluar los equipos o sistemas, que impactaran de manera directa en el mantenimiento de los equipos.

Los cálculos de criticidad total para cada equipo se realizan con las ecuaciones (1), (2).

*Criticidad Total*

$$= \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \dots \dots \dots (1)$$

*Consecuencia*

$$= (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad Operacional})$$

$$+ \text{Costo de mantenimiento}$$

$$+ \text{Impacto a la seguridad} \dots \dots \dots (2)$$

De estas ecuaciones se tienen parámetros a utilizar en el análisis correspondiente, los cuales se describen en la tabla 4 de resultados. Posterior a ello se revisan los criterios para la criticidad de los equipos.

**Análisis de resultados de la criticidad**

En la tabla 3, se plasman los parámetros de análisis correspondientes a los criterios de criticidad.

**Tabla 3.** Descripción de la tabla para el análisis de criticidad

Frecuencia	4	SC	C	C	MC	MC	Descripción MC: Muy crítico C: Crítico SC: Semi-crítico NC: No crítico Valor máximo 200
	3	SC	SC	C	MC	MC	
	2	NC	NC	SC	C	C	
	1	NC	NC	SC	SC	C	
		10	20	30	40	50	
	Consecuencia						

Tomado de: Gutiérrez et al., 2022

En la tabla 3, se identifica las zonas para cada uno de los criterios que se observe en los equipos que se analizan por medio de esta herramienta.

**Retroalimentación**

La información acumulada, se conjunta para apreciar el impacto de cada uno de los criterios en relación con los equipos que se tienen en el laboratorio de soldadura, partiendo de ese resultado bajo la premisa de la experiencia de los analistas en el

desarrollo de la criticidad para estos casos de estudio.

Además, se realizan los cálculos correspondientes a la criticidad, en donde se obtuvieron los valores numéricos que permiten tomar la decisión para mantenimiento crítico, semi-crítico o no crítico, y con estos resultados se identificar aquellos equipos que requieren de un mantenimiento de emergencia y a os que se le deberá aplicar en tiempos a corto y largo plazo.

**RESULTADOS**

En el formato de la tabla 4, se tiene los resultados de la matriz de criticidad para

los equipos analizados del laboratorio de soldadura.

**Tabla 4.** Resultados de la matriz de criticidad para los equipos en el laboratorio de soldadura

Criterios para determinar criticidad	Cilindro de óxido de acetileno	Máquina de soldar	Esmeriladora	Extractor
	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
<b>Frecuencia de fallas</b>				
Mayor a 4 fallas por año	2	1	0	0
2-4 fallas al año	3	3	2	0
1-2 fallas al año	2	0	1	1
Mínimo de 1 falla por año	0	0	0	1
<b>Impacto Operacional</b>				
Parada inmediata de toda la empresa	0	0	0	0
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	0	0	2	0
Impacto a niveles de producción o calidad	3	3	2	2
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibles)	2	2	1	0
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	0	0	0	0
<b>Flexibilidad Operacional</b>				
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	1	2	0	0
Hay opción de repuesto compartido	0	0	1	1
Función de repuesto disponible	1	1	2	0
<b>Costo de Mantenimiento</b>				
Mayor o igual a \$20.000,00	0	0	0	0
Menor o inferior a \$20.000,00	1	1	1	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>				
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	1	0	0	0
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	0	0	0	0
Afecta las instalaciones causando daños severos	0	0	0	2
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	1	1	1	1
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1	1	1	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente	0	1	0	0

La tabla 4 indica el comportamiento de cuatro aspectos de los equipos y estos son:

a) La frecuencia de fallas, siguiendo el orden de cilindro de oxiacetileno y máquina de soldar con un mayor de 4 fallas por año, seguidos de la esmeriladora y el extractor con 3 y 2. b) El impacto ambiental en todos los equipos, identifico a los niveles de producción o calidad y la repercusión en los costos operacionales adicionales o indisponibles. c) Flexibilidad operacional, detecto en el cilindro de oxiacetileno y la máquina de soldar que no existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo, así como, en todos que hay una función de repuesto disponible. d) Los costos de mantenimiento en todos los equipos es menor o inferior a \$20.000,00 trimestralmente. e) El impacto en la Seguridad Ambiental y Humana determino en: 1) Cilindro de oxiacetileno; afecta la seguridad humana tanto externa como interna, provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas y puede ocasionar daños menores (accidentes o incidentes). 2) Máquina de soldar; provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas y no ocasiona ningún tipo de daño a personas, instalaciones o ambiente. 3) Esmeriladora; provoca impacto ambiental y daños menores cuyo efecto no viola las normas (accidentes o incidentes) y 4) El extractor de aire; afecta las instalaciones causando daños severos, provoca daños menores (accidentes o incidentes) y provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas.

#### Resultados del Nivel de Criticidad

- a) Cálculo de criticidad para cilindro de óxido de acetileno.

$$Frecuencia = 2$$

$$Consecuencia = (3 \times 1) + 1 + 1 = 5 \quad (3)$$

Por lo tanto:

$$Criticidad Total = 2 \times 5 = 10$$

De acuerdo con el análisis para el cilindro, comparándolo en la tabla 2, es **no crítico**.

- b) Cálculo de criticidad para máquina de soldar.

$$Frecuencia = 3$$

$$Consecuencia = (3 \times 2) + 1 + 1 = 8 \quad (4)$$

Por lo tanto:

$$Criticidad Total = 3 \times 8 = 24$$

De acuerdo con el análisis para máquina de soldar, comparándolo en la tabla 2, es **semi-crítico**.

- c) Cálculo de criticidad para esmeriladora.

$$Frecuencia = 2$$

$$Consecuencia = (2 \times 2) + 1 + 1 = 6 \quad (5)$$

Por lo tanto:

$$Criticidad Total = 2 \times 6 = 12$$

De acuerdo con el análisis para el cilindro, comparándolo en la tabla 2, es **no crítico**.

- d) Cálculo de criticidad para extractor.

$$Frecuencia = 2$$

$$Consecuencia = (2 \times 1) + 1 + 2 = 5 \quad (6)$$

Por lo tanto:

$$Criticidad Total = 1 \times 5 = 5$$

De acuerdo con el análisis para el cilindro, comparándolo en la tabla 2, es **no crítico**.

La tabla 5 muestra el concentrado de la criticidad obtenida en cada uno de los equipos, con la finalidad de observar cual de estos requiere de un procedimiento de mantenimiento a la brevedad.

**Tabla 5.** *Concentrado de la criticidad para los equipos de soldadura*

Equipos evaluados	Criticidad	Mantenimiento	
	Valor	Estado	Color
Cilindro de óxido de acetileno	10	No crítico	Verde
Máquina de soldar	24	Semi-crítico	Amarillo
Esmeriladora	12	No crítico	Verde
Extractor	5	No crítico	Verde

De la tabla 5 se identifica el equipo que requiere de mayor atención para mantenimiento y uso durante los periodos académicos en la comunidad universitaria, en este caso de estudio es la máquina de soldar y ello se atribuye que generalmente los estudiantes no tienen la capacitación adecuada para el uso de este equipo y por ello requiere de mayor atención al momento de utilizarlo y llevar a cabo el mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo.

### Discusión

Los resultados de la investigación identifican el nivel de criticidad para corregir problemáticas el área de estudio, a fin de evitar futuras contingencias. En los siguientes párrafos se comparan estudios e investigaciones en donde se aplica la metodología de criticidad y logrando mejoras dentro de los diversos sectores aplicados.

Del Castillo-Serpa et al. (2009) menciona en su estudio que existen diferentes enfoques del mantenimiento con los cuales se han logrado buenos resultados a nivel mundial, ejemplo de esto es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el cual constituye un sistema avanzado de gestión, que con una correcta

implementación garantiza la eficiencia y eficacia del mantenimiento. Basado en un análisis de sistemas previo, resulta conveniente definir los niveles de criticidad de los diferentes equipos, de que consta cada sistema. Se impone la necesidad de desarrollar una metodología para el análisis de la criticidad, para ser aplicada en diferentes instalaciones, que incluye la obtención de una expresión matemática, que basada en ciertos criterios de evaluación, analice la criticidad particular en cada caso sometido a este proceso. En este trabajo se verifica y plantea la factibilidad de la metodología propuesta, con el objetivo de realizar el análisis de sistemas y de criticidad de forma personalizada para los equipos en un laboratorio de soldadura e identificar el uso del RCM. Los resultados de la expresión matemática obtenida en la criticidad, de cada caso, se muestran con el dato para determinar los mantenimientos críticos.

Díaz Aroche & Izquierdo O'Farril (2004) aluden que su trabajo, representa una aplicación del método de análisis de criticidad en efectos y modos de fallos, para evaluar cualitativa y cuantitativamente el control del proceso de soldadura y la incidencia de la tecnología, en diferentes

momentos y en la eliminación de los defectos típicos. Que concluyen que: a) El número de criticidad representa el nivel de control que establecemos sobre el proceso. b) La introducción de un nuevo equipamiento ha contribuido a la mejora de la calidad de la soldadura c) Los procedimientos de calidad mantienen su vitalidad en el proceso de mejoramiento constante y d) La automatización nos permitirá aumentar los niveles de productividad y mantener los parámetros de calidad, validando con ello la importancia de efectuar un análisis de criticidad con las características mostradas en este trabajo, bajo las condicionantes de mantener una mejora en el proceso de evaluación.

Molina et al. (2019) comentan en su investigación que tiene como objetivo describir el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los talleres de soldadura, mecatrónica, hidráulica y refrigeración del centro CIES del SENA-Cúcuta, cuyo objetivo principal fue determinar las actividades y metodología de gestión de mantenimiento a realizar en cada uno de los equipos de mayor criticidad e importancia para cada formación técnica. Se establecieron las etapas consecutivas necesarias, comenzando por el inventario, diagnóstico y fichas técnicas de los equipos en uso pertenecientes a los talleres de formación antes mencionados. La segunda etapa consistió en clasificar los equipos según su nivel de criticidad e importancia para la capacitación brindada en cada taller de formación. En la tercera etapa, se

desarrolló el análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), que permitió determinar los tipos de falla que puede tener cada equipo y su respectivo análisis de riesgos. Finalmente, se establecieron los protocolos y actividades de mantenimiento a realizar para cada equipo crítico, gracias al análisis AMEF y al uso de hojas de decisión implementadas bajo la filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Así, se logró determinar una metodología para la gestión del mantenimiento preventivo en los equipos más críticos de cada taller de formación, estableciendo también, el marco documental necesario para definir y gestionar cada tarea de mantenimiento a realizar. En la metodología desarrollada, dentro de este trabajo, fue fundamental tomar en cuenta el criterio del personal a cargo de los equipos de soldadura, para desarrollar el análisis de criticidad en función del uso, características, requerimientos y necesidades que presentan los sistemas dentro del laboratorio de soldadura, por lo que establecer un seguimiento minucioso como lo describe Molina et al. (2019), fue de gran aportación en el estudio dentro de la UAM Azcapotzalco.

Rouabhia-Essalhi et al. (2022), deducen en su trabajo que el objetivo es aplicar uno de los métodos más utilizados en las industrias: el modo de falla, los efectos y el análisis de criticidad (FMECA). Además, el estudio es reducir las fallas potenciales de los equipos de manejo industrial mediante el uso de FMECA, evitando así los riesgos potenciales y reduciendo el tiempo de

inactividad. Una aplicación a un sistema industrial de este tipo muestra cómo una empresa puede beneficiarse de esta metodología de análisis de fallas. Los estudios han demostrado la viabilidad de implementar un método de optimización del mantenimiento a medida que la influencia de las actividades de mantenimiento se vuelve cada vez más importante en la gestión de las empresas. Finalmente, al observar el trabajo de Rouabhia y el que se ha desarrollado con el caso de los laboratorios de soldadura, se establece la importancia de contar con un plan de acciones preventivas y correctivas para mejorar y optimizar el rendimiento en los equipos o sistemas, en este caso soldadura, al igual que su disponibilidad. Por lo tanto, esta estrategia de mantenimiento optimiza costos, el tiempo y el esfuerzo del equipo de mantenimiento. Toda esta comparativa permite comprender la importancia de un análisis de criticidad para implementar sistemas de mantenimiento predictivo y preventivo eficaces que ayuden a que los equipos dentro de la Universidad funcionen de

manera correcta el mayor tiempo posible dentro de las instalaciones, debido a que es un laboratorio que funge como taller, es necesario que cuente con las condiciones óptimas para que los equipos se encuentren en las mejores condiciones posibles para su uso durante los periodos comprendidos en los procesos de enseñanza. Cabe destacar que el laboratorio cuenta con protocolos de seguridad que permiten el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones por parte de los operarios y estudiantes y mitigara fallas y accidentes. La ventaja del estudio es que permite obtener resultados precisos, porque ocupa: a) La información real y b) La metodología de solución cualitativa y cuantitativa. Al analizarse lo anterior, se corrige y da cumplimiento a los objetivo e hipótesis inicial.

La aportación del artículo es que puede ser replicado en otros sectores que tengan situaciones similares porque la metodología no es limitativa y notablemente logrará mejoras a corto, mediano y largo plazo.

## CONCLUSIONES

Al realizar un análisis exhaustivo con los formatos de criticidad se identificaron en los equipos (cilindros de óxido de acetileno, máquina de soldar, esmeril de banco y extractor) las características (botones de encendido, reguladores, pinzas, carcasa, cables, fuentes de alimentación) para determinar el control en mantenimiento para cada uno de ellos, que consiste en

aplicar un modelo matemático, criterio de criticidad, y en función de ello obtener el aspecto crítico, semi-crítico y no crítico, para gestionar los procedimientos de mantenimiento preventivo y/o correctivo, lo cual dependerá de las condiciones y resultados del análisis después de un periodo escolar, que corresponde a un trimestre.

La metodología aplicada a los equipos que se encuentran en los laboratorios de soldadura ha demostrado la importancia de aplicar un proceso de validación o verificación en parámetros operativos para el adecuado funcionamiento de éstos, en el momento de realizar las actividades que competen a las prácticas de soldadura, y validar la criticidad de los equipos y sus accesorios para un mantenimiento adecuado durante o posterior al periodo académico en el cual se utilizan. Así mismo, se han conservado las condiciones propicias para evitar incidentes en los laboratorios de soldadura.

Por otro lado, al determinar el nivel de criticidad en cada uno de los equipos de soldadura evaluados, se impacta de manera puntual en los diferentes tipos de mantenimiento que existe, preventivo, correctivo y predictivo, permitiendo en todo momento gestionar las actividades de ajuste y/o reparación en los equipos ubicados en el laboratorio de soldadura. Un aspecto primordial de este análisis es la identificación de los niveles de criticidad para evitar accidentes en los equipos del sistema y que la comunidad académica

disponga en todo momento con la mayor cantidad de equipos para realizar las prácticas y proyectos dentro de la comunidad universitaria.

Por último, las tendencias del análisis aplicado en este artículo direccionan a evitar en lo posible que se presentes incidentes en los equipos de los laboratorios de soldadura y administrar de manera cuidadosa los mantenimientos, requeridos a partir de los niveles de criticidad, con el propósito de evitar atrasos en las actividades académicas. Con ello asimilar que las personas encargadas de operar los equipos deben estar capacitados, para ofrecer las asesorías que solicita la comunidad académica durante los periodos lectivos. Aunado a esto, se ofrece esta información con la finalidad de establecer líneas de aplicación y desarrollo involucradas con el análisis de criticidad y la gestión del mantenimiento en las diferentes áreas de la UAM Azcapotzalco, logrando extrapolarse a las demás unidades de la Universidad y otras entidades tanto académicas como industriales, fomentando desarrollos de esta índole.

## REFERENCIAS

Alfonso, A., González, D. & Borroto, Y. (2022). Aplicación del mantenimiento basado en el riesgo a equipos de la empresa agroindustrial azucarera "José María Pérez Capote". *Revista Centro Azúcar*, 49(2), 112-121. <http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centrozucar/article/view/706/804>

Botero, C. (1993). *Manual de mantenimiento. Parte I: ¿qué es el mantenimiento?* Informador Técnico. Cali, Colombia.: Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN) del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. <http://dx.doi.org/10.23850/22565035.1188>  
Cedeño-Moreira, W. J. & Gorozabel-Chata, F. B. (2021). Análisis de criticidad del equipamiento

- industrial de la línea de bovinos de un centro faenamamiento. *Revista Científica "INGENIAR": Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 49-65. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8edespsep.0029>
- Del Castillo-Serpa, A.; Brito-Ballina, M. & Fraga-Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*, 12(3), 1-12. <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/72>
- Díaz, B., & Izquierdo, M. F. (2004). Reacondicionamiento del proceso de soldadura en la fábrica de tanques de transformadores. *Ingeniería Energética*, 25(1), 31-36. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/173>
- Díaz-Concepción, A., Pérez-Rodríguez, F., Del Castillo-Serpa, A., & Brito-Vallina, M. L. (2012). Propuesta de un modelo para el análisis de criticidad en plantas de productos biológicos. *Ingeniería Mecánica*, 15(1), 34-43. <https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/view/399/741>
- Enriques-Gaspar, A., Díaz-Concepción, A., Villar-Ledo, L., Del Castillo-Serpa, A., Rodríguez-Piñero, A. & Alfonso-Álvarez, A. (2019). Tecnología para el análisis de criticidad de los sistemas tecnológicos en empresas biofarmacéuticas. *Ingeniería Mecánica*, 23(1), 1-11. <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v23n1/1815-5944-im-23-01-e594.pdf>
- Flores, M., Medina, D., Vargas, D. & Remache-Vinueza B. (2020). Asignación de modelos de mantenimiento basada en la criticidad y disponibilidad del equipo. *CienciAmerica*, 9(4), <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.340>
- Giraldo, J. E. (2012). Reflexión sobre el logor, arte y ciencia de la soldadura basado en la experiencia en investigación del grupo de soldadura de la ONU. *Dyna*, 79(171), 248-255. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49623207031.pdf>
- Gualco, A., Svoboda, H. G., & Surian, E. S. (2013). Efecto del calor aportado en recargues nanoestructurados base hierro. *Soldagem & Inspeção* [online], 18(4), 329-338. <https://doi.org/10.1590/S0104-92242013000400005>
- Gutiérrez, E., Agüero, M., & Calixto, I. (s.f.). *Análisis de Criticidad integral de activos*. <https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>, <https://predictiva21.com>
- IPN-Cecyt 04. (Sin año). *Manual de Procesos de Soldadura*. México: IPN. <https://www.ipn.mx/assets/files/cecyl4/docs/estudiantes/aulas/guias/cuarto/vespertino/procesos/procesos-de-soldadura.pdf>
- Maldonado Moscoso, G. A. (2021). Eficiencia de Procesos de Soldadura para su aplicación en el desarrollo de la Industria Metalmeccánica en Ecuador. *CITED Journal*, 2(2). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17765.32483>
- Molina, M., Martínez, J., Acosta, R. & Gómez, P. (2019). Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de los talleres de soldadura, mecatrónica, hidráulica refrigeración del centro CIES del SENA de Cúcuta, Norte de Santander. *Revista Metalnova*, 2, 14-22. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/metalnova/article/view/2474>
- Mostafa, N. & Khajavi, M. (2006). Optimisation of welding parameters for weld penetration in FCAWN. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 16(1-2), 132-138.
- Muñoz, J. & Cantos, M. (2021). Mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos en industria de conserva de atún. *Científica*, 25(2), 1-24. <https://doi.org/10.46842/ipn.cien.v25n2a05>
- Norma Oficial Mexicana NOM-027-STPS-2008 (2008). *Actividades de soldadura y corte- Condiciones de seguridad e higiene*. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. de México: Diario

Oficial de la Federación.  
<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3536/stps1/stps1.htm>

Parra, C., & Crespo Marquez, A. (2019). Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. *Technical report*, 27.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21197.87524>

Pender, J. A. (2002). *Soldadura (Tercera edición ed.)*. México: McGraw-Hill.

Romantchik-Kriuchkova, E., Santos-Hernández, A. M., Ríos-Urbán, E., & Terrazas-Ahumada, D. (2019). Análisis del flujo de aire de los extractores de invernadero usando la simulación por CFD. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(1), 1.14.  
<http://dx.doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n1.012>

Rouabhia-Essalhi, R., Hadi Boukrouh, E., & Ghemari, Y. (2022). Application of failure mode effect and criticality analysis to industrial handling equipment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120), 5269-5280. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09099-y>

Truper. (2022). (Truper, Ed.). *Instructivo de Esmeril de banco*.  
<https://www.truper.com/admin/descargables/manual/12786.pdf>

Yam, M., Pali, R. & Zavala, J. (2019). Aplicabilidad de la criticidad en el mantenimiento de equipos. *Project, Desing and Management*, 1(1), 33-48.  
<https://doi.org/10.35992/mlspdm.v1i1.168>

#### Autores

**Jesús Vicente González Sosa.** Doctor, Universidad Nacional Autónoma de México; Profesor investigador, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-0266>

Email: [jvgs@azc.uam.mx](mailto:jvgs@azc.uam.mx)

**Enrique Ávila Soler.** Doctor, Colegio de Posgraduados Campus Montecillos; Profesor investigador, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8980-0925>

Email: [eas@azc.uam.mx](mailto:eas@azc.uam.mx)

Recibido: 01-07-2022

Aceptado: 28-04-2023

## Improvements in business processes aligned to the customer experience: case study in a book subscription club

*Mejoras en los procesos de negocio alineados a la experiencia del cliente: caso de estudio en un club de suscripción de libros*

Mariana Chagas Pegoraro, Maria Cannarozzo Tinoco, Georgia Schlabitz Vanin

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.481>

*Key words:* subscription club, mapping, customer experience, business processes, impact

*Palabras clave:* club de suscripción, mapeo, experiencia del cliente, procesos comerciales, impacto

### ABSTRACT

Due to the rapid growth of the book subscription club market, analyzing the customer experience journey is becoming an increasingly important task, with the goal of retaining the customer for as long as possible in the club. Therefore, it is essential that the companies in this field have a properly functioning process chain to provide the customer with a great experience. The present study was conducted with the purpose of understanding the impact of business processes on customer experience in a book subscription club and to point out improvements. To this end, process mapping tools were applied to comprehend the current existing flows, and, subsequently, a relationship matrix was developed to connect the customer experience critical steps to the internal process chain. Through the tools employed, it was concluded that the most impactful processes are those that determine the early stages of the customer experience, such as defining the curator of the upcoming kit and defining the title, besides the task of assembling the member's kit. Additionally, as major enhancements were proposed the implementation of a validation system to the kit items through barcodes and the production of a document establishing which information can be published as a spoiler.

### RESUMEN

Debido al rápido crecimiento del mercado de clubes de suscripción de libros, analizar el recorrido de la experiencia del cliente se está convirtiendo en una tarea cada vez más importante, con el objetivo de retener al cliente el mayor tiempo posible en el club. Por lo tanto, es fundamental que las empresas de este ramo cuenten con una cadena de procesos que funcione correctamente para brindar al cliente una gran experiencia. El presente estudio se realizó con el propósito de comprender el impacto de los procesos comerciales en la experiencia del cliente en un club de suscripción de libros y señalar mejoras. Para ello, se aplicaron herramientas de mapeo de procesos para comprender los flujos existentes actualmente y, posteriormente, se desarrolló una matriz de relación para conectar los pasos críticos de la experiencia del cliente con la cadena de procesos interna. A través de las herramientas empleadas, se concluyó que los procesos de mayor impacto son aquellos que determinan las primeras etapas de la experiencia del cliente, como definir el curador del próximo kit y definir el título, además de la tarea de armar el kit del miembro. Adicionalmente, como mejoras importantes se propuso la implementación de un sistema de validación de los artículos del kit a través de códigos de barras y la elaboración de un documento que establezca qué información se puede publicar como spoiler.

## INTRODUCTION

The subscription club market has been growing steadily. In 2018, the Brazilian Subscription Clubs Association noted that this industry had 800 companies active in Brazil - with a 167% growth over the past 4 years in Brazil (ABCComm, 2020). In a subscription club, an item is periodically sent to the customer's home, and for each shipment the consumer's expectation of the product increases accordingly to the quality of the service that was provided. Consumers tend to readily cancel services that do not attain a good experience given, for example, low overall product quality, dissatisfaction with the selection, or lack of perceived value (Li et al., 2023; Andonova et al., 2021). A failing club delivery, either through defective product, missing item, or delay, undermines the customer experience and may hasten a latent decision to discontinue the service. Furthermore, a customer's detrimental service experience not only compels the existing base to migrate to competitors, but also results in a heightened effort by the organization to attract new consumers, often unsuccessfully (Tseng et al., 1999). Consequently, maintaining a uniform level of service is extremely important, making it a challenge for clubs with recurrent subscriptions to ensure that the experience is always the best possible.

When it comes to customer experience, it is essentially considered the customer-company interaction points, also called moments of truth (Spiller, 2006). The assessment regarding the service quality by

the customer will be the outcome of the combination of perceptions throughout the whole process of rendering the service (Rotondaro, 2002), in other words, these moments are ultimately responsible for the customer's appraisal concerning the service delivered, influencing their overall satisfaction with the company. Nonetheless, one rarely discusses the tasks that lay behind this service, which may have influence, even if indirectly, on the customer's experience, similarly to the moments of truth. The deliverance of the final product relies on a sequence of processes, with many stages and tasks distributed in different areas (Azevedo & Tinoco, 2020; Santos & Tinoco, 2021) - for instance, when it comes to a subscription club, since its production up to the logistic operation for its transportation. If any of the processes that are involved in this timeframe are not performed as they should be, the customer's final experience is already compromised.

Taking the book subscription club context, this experience begins at the point of selecting the book to be shipped and engages all areas of the company - ranging from the team responsible for assigning the book to the group responsible for billing the member. Oftentimes, customers choose to unsubscribe for reasons other than the choice of book, but rather a high frequency of emails, an incorrectly charged invoice, or an array of errors in assembling the products. Companies in this subscription segment must offer good experiences to

avoid high churn rates and accelerate growth and profitability (Li et al., 2023; Andonova et al., 2021).

Business processes, even if indirectly, impact customer experience. Kumar et al., (2008) via analyses conducted, highlighted Business Process Management as an important factor in achieving high levels of client satisfaction. So, the challenge is to ensure proper management of these processes to be in alignment with the customer experience intended to be provided. Process management enables the organization to analyze, define, execute, monitor, and manage processes more effectively. Effective business process management is a means to streamline processes, increase productivity, and strengthen communication (Azevedo & Tinoco, 2020). However, within the context of services provided by subscription clubs, to consider both the efficiency of business processes and their effectiveness from customer satisfaction and the experience generated by the products and services provided becomes important.

Controlling the process management alone but not measuring the level of customer satisfaction with the received experience, or vice versa, becomes somewhat incomplete. In this sense, the use of tools such as Business Process Management (BPM), which allows modeling the existing process and managing improvements in the organization (Smith & Finger, 2007), and the Service Blueprint (Shostack, 1984), used for mapping the customer experience and improving service processes, are necessary to integrate the two perspectives

and to have a greater alignment between the company's business processes and the customer experience. Not too many studies, however, address the two aspects and the influence of business processes on customer experience (Milton & Johnson, 2012; Gersch et al., 2011).

So, the main purpose of this study is to recommend improvements in the business processes of a book subscription club regarding the customer experience. To do so, failure points in the customer experience were identified and, as from these, the influence of the company's business processes on the customer experience was evaluated, and, lastly, proposals to enhance the business processes focused on the customer experience were presented.

The present study was carried out at a Brazilian book subscription club company, in which problems in inter-area communication are frequent. Not all teams are concerned with horizontal integration and realize the importance of a comprehensive perspective. Moreover, the lack of an end-to-end overview of the process results in some analyses being ad hoc, resulting in recurrent problems - which are often only noticed with customer complaints.

It is worth mentioning that this study was conducted with the aim of optimizing the service offered by a book subscription club to its members. The company is targeting a 20% increase in its membership base by the end of 2021, yet still fails in executing business processes, hindering this growth. Moreover, this is a moment to visualize all

the processes that are performed, identifying opportunities for automation and even simplification, something that has never been fully examined in the company - which has been in the market for slightly more than 6 years.

The present article is divided into 5 sections. After the introduction, the

## THEORETICAL FRAMEWORK

This section provides a presentation of concepts considered to be crucial for the subsequent methodological stage. First of all, a background on the customer experience of subscription clubs is presented, along with the growth trend of the segment. Then, concepts of process analysis are presented both from the view of business and service processes.

### Contextualization of the experience in Subscription Clubs

As cited on Andonova et al. (2021) the convenience and comfort of receiving favorite products with no need to leave home is an increasingly recurring theme when it comes to consumer behavior. A signature club offers precisely this sought-after comfort and convenience, given that the payment is recurrent and the delivery is made directly to the customer's home - it is just required to maintain the address and payment method updated. In a study conducted by McKinsey consultants (2018), it was found that 15% of online consumers have signed up for at least one subscription to receive products on a recurring basis, usually through monthly boxes.

theoretical framework is presented, bringing the issues related to the study. Subsequently, presents the methodological procedures, followed by the results and further discussion. At the end, the conclusions of the study are presented.

The online subscription service affords these consumers, who are generally young, middle- to upper-class urbanites, a more convenient, tailored, and cost-effective way to buy whatever they happen to want and need (Li et al., 2023; Andonova et al., 2021). In some instances, the service is slightly priced above the book market, but provides a comprehensive experience that is unavailable in ordinary bookstores or retail stores - the combined thoughtful curation, the sheer appeal of the materials produced, and the surprise of the content of the box is a major attraction of book subscription clubs (Noorda, 2019).

By offering a recurring product, the company also benefits. Aside from not having to convince the customer to buy the product every month, it is also an opportunity to build loyalty among those who already are in the base and to have them propagate the brand value themselves, either in their circles of friends or family, since loyal customers play the important role of brand advocates (Pereira & Bastos, 2009). When customer needs are satisfied, the quality of the relationship improves, increasing customer loyalty

(Solvang, 2006). E-commerce subscribers tend to be young people who are usually in the age group from 25 to 44 years old and are mostly women, who account for 60% of the market (Li et al., 2023; Andonova et al., 2021). According to Santos et al. (2022) e Andonova et al. (2021), generation Y, as people in this age range are called, is made up of faithful consumers who heavily bond with their favorite brands and promote the product to their network of contacts.

According to Santos et al. (2022) by selling a recurring consumer product, generating value for the customers, and building a relationship with them, the chances of subscription renewal are quite high. On the other hand, this same generation is more demanding and requires companies to fulfill whatever was promise, having a higher ease of canceling the subscription if there is a failure in the service provided.

Subscription boxes, the purchase of a monthly set of often customizable or surprising items that are sent to the end user, erupted in the market, growing at an annual but steady rate of more than 100% over the past five years (Li et al., 2023; Andonova et al., 2021). According to Andonova et al. (2021), this growth was driven by the coronavirus pandemic, which impacted the world in late 2019. In 2020, the COVID-19 virus reached Brazil and, just as in the rest of the world, forced people to stay in their homes, reducing consumption in retail stores. Among the sectors that did not undergo the pandemic crisis so much was the subscription club sector, especially of books.

While not always considered an essential cost, being the top one to be reduced in many families when assessing essential and non-essential expenses, many people have found in books a haven in the midst of the chaos. According to a survey by Betalabs, between February and October 2020, the subscription club business model increased 12% in the total market and 55% in its base, being the book segment the most prominent, holding 27%.

Given this constant growth, it is essential to have a high customer retention rate. To this end, in addition to requiring engagement actions with the product, a good customer experience is paramount. According to Li et al. (2023) e Andonova et al. (2021), 28% of a group interviewed stated that the personalized experience is the most important factor to remain in a subscription club. The group also noted that churn rates are high and consumers promptly cancel services that do not offer superior end-to-end experiences.

To ensure the overall experience and address the customer's expectation, it is necessary to understand the customer's journey as a consumer (Silveira, 2020). It is also imperative to ensure the effective execution of business processes, so the customer expectancy is not compromised at the end of the chain. These topics are covered in greater depth in the following subsection.

#### **Business process analysis in companies**

In the transformation industry, process mapping is perceived from the flow, especially, of materials in one direction, in which raw materials are stocked and

transformed, creating a tangible and storable product. Moreover, companies are prone to view the optimal use without loss of resources during the process transformation to assume it is effective, while customers evaluate the process itself and the service results by their own perception (Van Looy et al., 1998). Process mapping is a means by which one can effectively focus the organization on its customers, ensuring quality and productivity in the key processes, obtaining more flexibility and objectivity in decisions, and transforming the organization so as to effectively make it more competitive. Also, Vernadat (1996) affirms that process modeling is of utmost importance for companies, as it enables the understanding of the working method, as well as the analysis and improvement of the information flow.

In this sense, the Service Blueprint, described by Shostack (1984), is a tool used for mapping the user experience in the usage of a service. This method allows the identification of activities that encompass the participation of the customer in the process, indicating where the interaction between customer and supplier occurs and where the customer exerts influence within the process (Gersch et al., 2011).

Considered a flexible tool when compared to other process mapping techniques, the Service Blueprint structure details all steps in multiple levels of analysis, supporting small interventions and/or changes in the structure if needed, and can be described by means of five components that assist the customer-company relationship (Correa &

Caon, 2000; Vanin & Tinoco, 2023). The tool, however, does not always depict the complete stream, since a certain amount of time may occur between the actions that an actor performs in the process, thus making the links between actions unnecessary to present (Milton & Johnson, 2012). Business Process Modeling (BPM) can be an alternative to a more detailed analysis of all the executed processes.

Business Process Modeling is the activity of depicting the processes of a company, so that the current process ("as is") can be analyzed and improved in the future ("to be"). Business Process Model Notation (BPMN) provides a graphical notation to represent a business process as a Business Process Diagram (BPD) (Chinosi & Trombetta, 2012), i.e., it portrays modeling in notation. It has a wide array of symbols to specify how each task is executed and what is the best sequence to describe the process (Milton & Johnson, 2012). The major importance in this methodology lies in the complete visualization of the flow that allows to perceive flaws and excesses in processes and promote their correction and improvement. In addition, it provides a complete view of the internal and external integrations of the business processes, enabling an improvement of both processes (Santos & Tinoco, 2021).

BPMN can be used to diagram a service process, but it does so from a fundamentally different perspective compared to the Service Blueprint. The customer-focused perspective of the Blueprint is very useful to understand the critical touchpoints that drive service

satisfaction and has already been adapted to map the customer experience (Patrício et al., 2011). But underneath that are business processes from the organizational perspective that can be better represented by BPMN diagrams (Milton & Johnson, 2012). BPMN does not provide any concept related to customer experience (Kazemzadeh et al., 2015). In other words, the two tools complement each other by

addressing different views. Incorporating Service Blueprint practices into methodologies for business process modeling, mapping, simulation, and automation would lead to a clearer integration of the customer's view of a service with the technology used to underpin the service (Milton & Johnson, 2012).

## METHODOLOGICAL PROCEDURES

### Scenario description

The present work has as study object a book subscription club founded by three business students from Porto Alegre. It started in 2014 with 65 members, and today it has more than 60,000 customers spread over 2300 cities throughout Brazil, all of whom receive a monthly literary kit at their homes. These members have a wide variety of profiles and ages, but they have in common the experience of being a subscriber. To provide this experience, the organization counts on more than 100 employees divided into seven areas. The organizational structure is linear, and therefore communication between areas is carried out through managers. The product, until reaching the end customer, undergoes several stages involving all of the company's areas. The focus of the work is restricted to two aspects: the first are the processes of the customer journey in the club, and all the interaction stages with the customer will be analyzed; the second are the business processes performed within

the company, i.e., the sequence of tasks accomplished in the back office to deliver the final product.

### Research classification

This research, due to its objective of improving the company's processes, is classified as applied. Regarding the approach, it is mostly classified as qualitative, since, although it considers some already existing indicators, it uses mapping tools to relate the processes and understand their impacts on the customer experience (Harrington, 1993; Shostack, 1984). It has the character of exploratory research, by integrating the perspective of the customer experience to the perspective of business processes through a method that integrates several tools, and procedures classified as a case study, once the research and application of the method were performed by the authors together with the company's professionals, with a recommendation for improvements at the end of the study.

### Working methodology

This research was conducted in five steps: (i) Assessment of process mapping tools; (ii) Mapping customer experience and failure points; (iii) Mapping the company's business processes; (iv) Evaluating the influence of business processes on customer experience; (v) Proposing business process improvements. These stages are detailed in the next paragraphs.

To begin with, a survey of the state of art was accomplished on tools for the analysis and improvement of business processes, and on the mapping of customer experience in services. This study was conducted through a bibliographical survey, in search of articles and studies already done on the subject. For the bibliographical research, the keywords chosen for the database searches were defined so as to find articles on the subject: "subscription boxes", "customer experience", "business process" and "service blueprint". Additionally, other combinations were made to guide the search, such as "subscription boxes and satisfaction".

The platforms used as a database were mainly Scopus and Google Academics and prioritized scientific articles in English published in the last 15 years. This round was important to understand the studies applied to the theme and capture details that should be examined when executing the methods. After that, the mapping of the customer experience was made using the Service Blueprint tool, once the tool represents a diagram to outline the service delivery and specifies the relationships

between the activities of interaction with the customer that determine their experience, beginning with the consideration of the important moments of truth throughout their journey with the company (Patrício et al., 2011).

The observation of the customer journey for defining the moments of truth and mapping was conducted during the working period of one of the authors in the company through a squad focused on understanding the customer journey, as well as a data collection on documents prepared by the departments and with 3 employees of the company for validation of some points of interaction. This data compilation consisted of information regarding the front and backoffice activities and the support processes and was made through a virtual meeting, in which everyone was present at that very meeting. From this mapping, the failure points and critical stages of the process that affect the desired customer experience were identified.

This assessment of the failure points was performed through brainstorming, carried out remotely with one of the company's coordinators, and did not have a predetermined script - it was an open discussion about the mapping performed. The failure points with their respective critical steps, taken from the Service Blueprint, were prioritized using the GUT matrix (Dornelles, Júnior & Lerman, 2021). The matrix classification was built in collaboration with both the coordinator and a marketing analyst of the company, in which each one assembled their matrix

according to their criteria of severity, urgency and trend, and later the divergent points were discussed, thus shaping the final matrix with their respective importances.

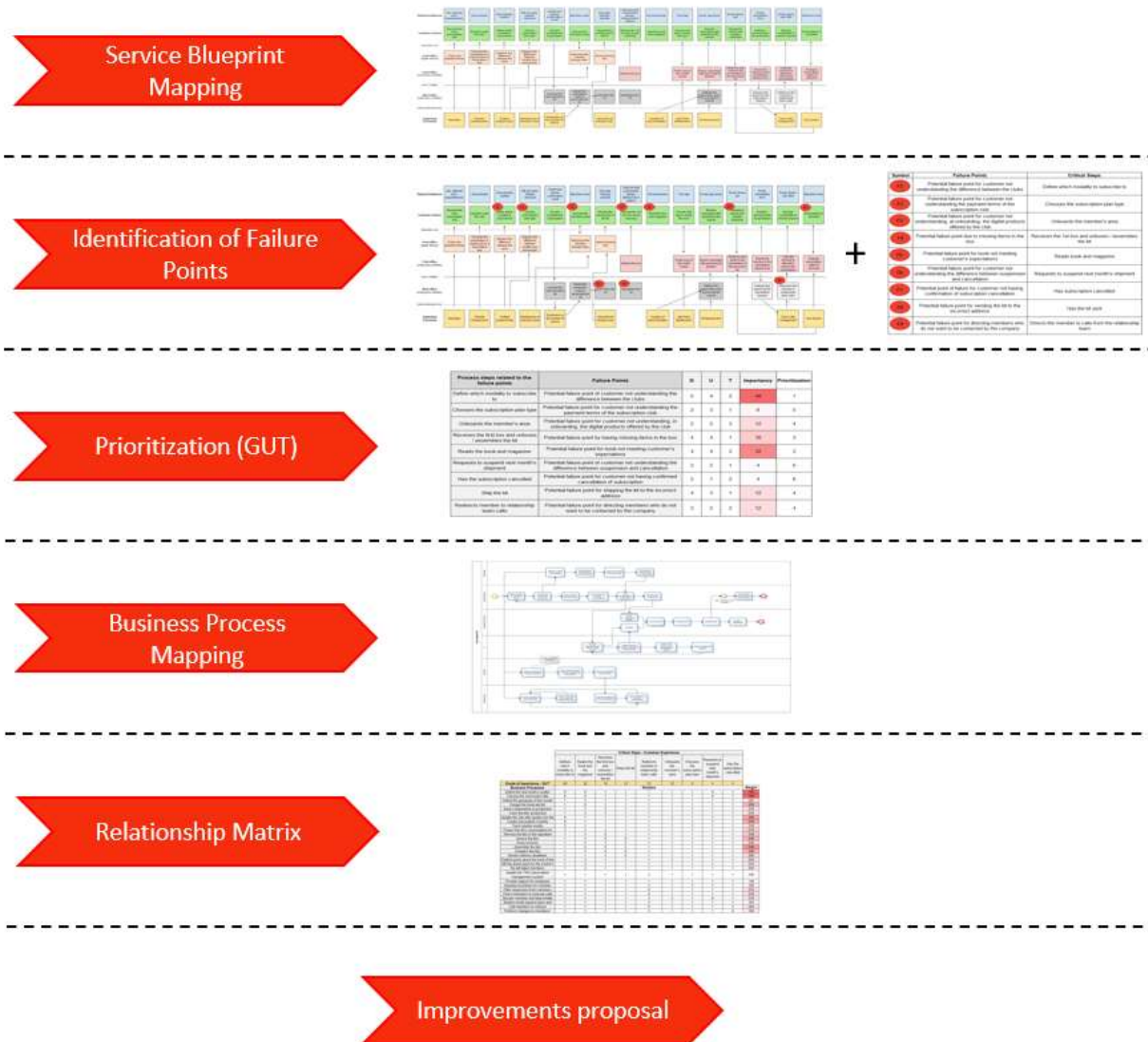
In the subsequent step, the mapping of the company's business processes was performed. The execution of this step is similar to the previous one: the company's macro processes for mapping were observed and the company's own documents with records of tasks and projects performed were also checked. Furthermore, new interviews were held with company employees, this time involving leaders from three different areas, as they possess a whole view of the process chain: the leaders from the operations, product/design, and marketing departments. The objective of the discussions with the leaders was to complement the mapping previously undertaken, and they were held remotely. This mapping was verified with the Retention team coordinator, who also has full knowledge of all the company's processes. BPMN was used as a tool.

The second-to-last step was to evaluate the influence of business processes on customer experience. With both mappings ready, a correlation between these two mappings was made using a relationship matrix adapted from the QFD matrix (Quality Function Deployment): the so-called QPD matrix - Quality Process Deployment (Gonzalez, Quesada, Picado &

Eckelman, 2004). The identified failure points in the Service Blueprint map and prioritized by the GUT matrix were related to the business process steps. The relationship of the QPD matrix was measured on a 3-point scale, where 1 is considered a weak relationship, 3 an intermediate relationship, and 9 a strong relationship. This matrix was developed as per the author's experience in collaboration with two company employees, via a virtual meeting. In this manner, it became possible to list the business processes that have the major influence on the shortcomings identified in the customer experience mapping.

Finally, the last step of the work method proposed improvements for the business processes. These recommendations are associated with the flaws previously found and were first validated by the head of the product team during an expository meeting, probably being endorsed by the 5 directors of the organization in case of a future implementation. The 5W1H tool (Meira, 2003) was used to detail the importance of every action to be performed, chosen from the prioritized actions in the previous phase. In Figure 1 below, it is possible to visualize, in thumbnails, the above-mentioned steps following the sequence in which they were conducted - apart from the stage of gathering the tools. In the results section, the thumbnails are in an adequate size for visualization.

Figure 1. Working Method



## RESULTS AND DISCUSSION

This study made it possible to apply different tools to understand the context of the book subscription club and to develop a new way to correlate customer experience with business processes. The application steps of the methodology are presented below along with the respective results.

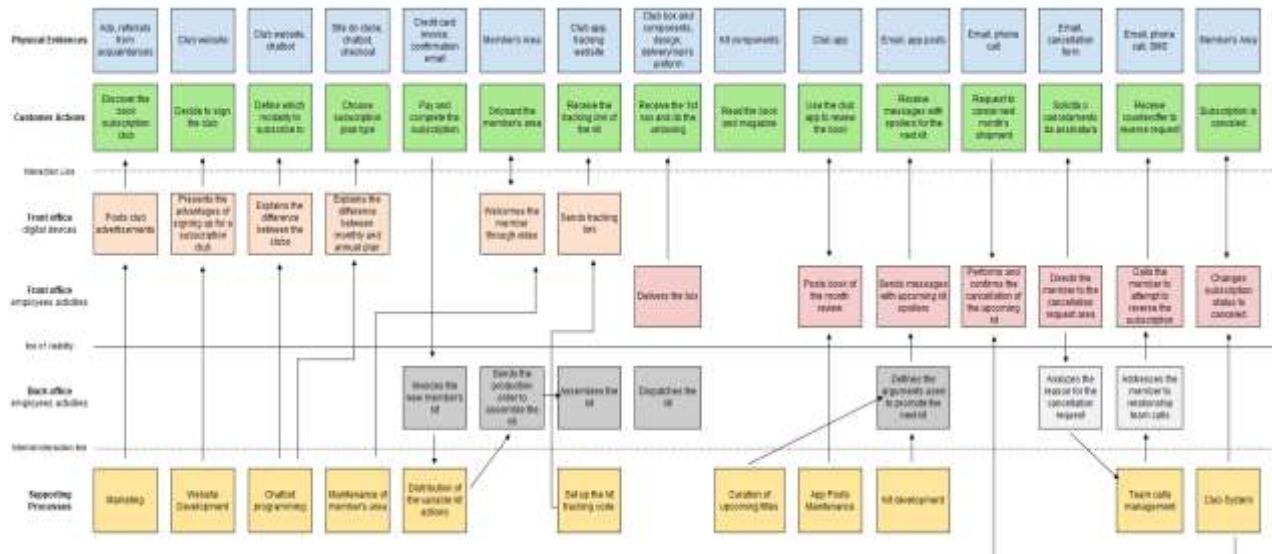
### Customer experience mapping

The customer experience mapping stage began upon choosing to use the Service Blueprint tool. For this purpose, Microsoft Excel software provided the basis for drawing the map. Having defined the moments of truth, the customer actions were defined and, from this, the physical evidences were collected. Subsequently,

the front-line actions were mapped, divided between the actions of the digital devices and employees, the back office actions, and finally the support processes -

crucial for a good service execution. In Figure 2, the mapping from the Service Blueprint can be visualized.

Figure 2. Customer experience mapping



To obtain the mapping result, a validation was made with company employees. The mapping was presented to the 3 employees of the customer retention cell, and the reason for selecting these employees was due to the fact that they had already studied the customer journey internally and, therefore, had a good understanding of the entire customer experience. Furthermore, one of the employees is a production engineer and is knowledgeable in the tool used. Based on the feedbacks collected, the final version of the map was obtained, and the failure points were identified, as shown in Figure 3. The failure points identification was made based on two factors: the authors' knowledge about the mapped aspects that have already caused some kind of problem among customers, and the perspective of

the retention cell coordinator - the same employee with a degree in Production Engineering. In Table 1, one can understand the failure points identified in the experience mapping and the related processes, categorized as critical steps. It can be noted that the failure points are distributed, which means that they are not centered only in one part of the customer's experience. In addition, there is a common failure point between the customer's actions and the back office employees, point F4, demonstrating that the failure points are not always centered on the customer's actions. These points represent the critical stages of the process, and, for the purpose of understanding which of these stages were the most important, a ranking was made according to their seriousness, urgency and tendency for the

subscription club - based on the GUT matrix.

Figure 3. Identification of customer experience failure points

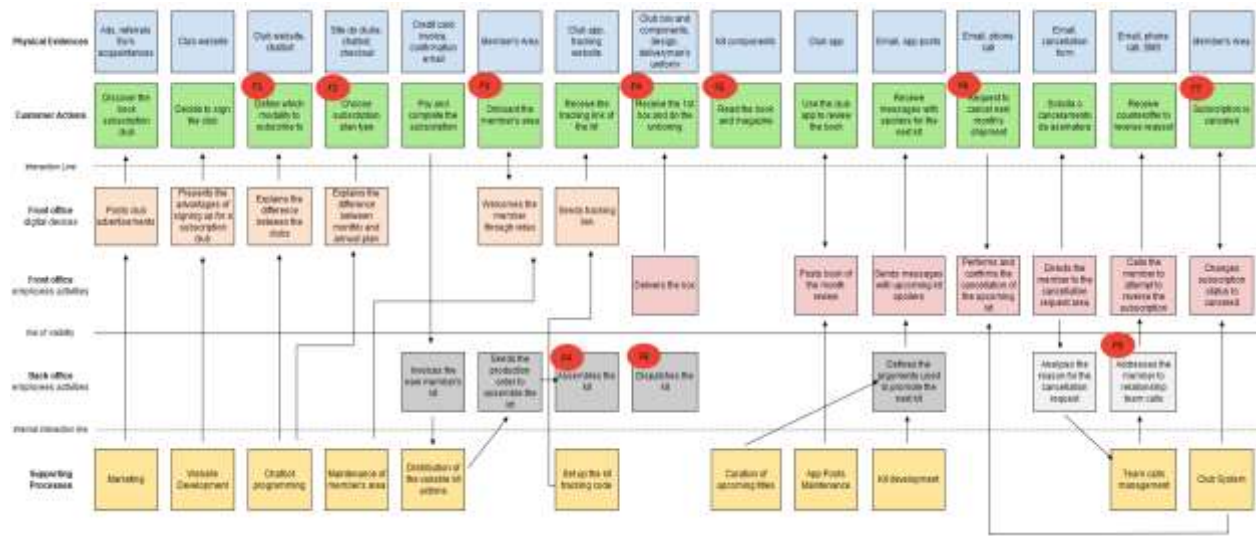


Table 1. Failure points of the critical steps

Symbol	Failure Points	Critical Steps
F1	Potential failure point for customer not understanding the difference between the clubs	Define which modality to subscribe to
F2	Potential failure point for customer not understanding the payment terms of the subscription club	Chooses the subscription plan type
F3	Potential failure point for customer not understanding, at onboarding, the digital products offered by the club	Onboards the member's area
F4	Potential failure point due to missing items in the box	Receives the 1st box and unboxes / assembles the kit
F5	Potential failure point for book not meeting customer's expectations	Reads book and magazine
F6	Potential failure point for customer not understanding the difference between suspension and cancellation	Requests to suspend next month's shipment
F7	Potential point of failure for customer not having confirmation of subscription cancellation	Has subscription cancelled
F8	Potential failure point for sending the kit to the incorrect address	Has the kit sent
F9	Potential failure point for directing members who do not want to be contacted by the company	Directs the member to calls from the relationship team

This classification was validated with the coordinator of the retention cell and one of the company's marketing analysts, chosen for having already worked at the club for a few years and for understanding, in a macro way, the real situation of each process executed. The matrix is shown in Figure 4. The degree of importance is calculated from the result of the product among the severity, urgency and trend

scores assigned to each of the stages of the process. Among the nine critical steps, two stood out in the prioritization conducted - the step of choosing the modality and the step of reading the book and the magazine. The phase of assembling and receiving the kit, dispatching the kit, calls to the members, and onboarding in the member's area came in the sequence as the most critical.

Figure 4. GUT matrix

Process steps related to the failure points	Failure Points	G	U	T	Importancy	Prioritization
Define which modality to subscribe to	Potential failure point of customer not understanding the difference between the clubs	5	4	2	40	1
Chooses the subscription plan type	Potential failure point for customer not understanding the payment terms of the subscription club	2	3	1	6	5
Onboards the member's area	Potential failure point for customer not understanding, in onboarding, the digital products offered by the club	2	2	3	12	4
Receives the first box and unboxes / assembles the kit	Potential failure point by having missing items in the box	4	4	1	16	3
Reads the book and magazine	Potential failure point for book not meeting customer's expectations	4	4	2	32	2
Requests to suspend next month's shipment	Potential failure point of customer not understanding the difference between suspension and cancellation	2	2	1	4	6
Has the subscription cancelled	Potential failure point for customer not having confirmed cancellation of subscription	2	1	2	4	6
Ship the kit	Potential failure point for shipping the kit to the incorrect address	4	3	1	12	4
Redirects member to relationship team calls	Potential failure point for directing members who do not want to be contacted by the company	3	2	2	12	4

The stages were then ranked according to the prioritization performed and, subsequently, related to the business processes, as described in subsection 4.3.

### **Business process mapping**

To map the business processes, the BPMN methodology was used, applied through the Bizagi tool. The map was partitioned into 6 blocks, each one representing one of the company's areas. Only processes that are related to the final product offered by the company were registered in the mapping, therefore processes that are related to employees - such as human resources activities - were disregarded for not aggregating to the purpose of this study. Thus, the map depicts the company's macro processes that contribute to the delivery of the service offered. In addition, considering that this is a subscription club in which the service is recurring on a monthly basis, one can consider that the complete flow occurs during the period of one month. In Figure 5, the mapping can be seen in its final version.

Compared to the previous mapping using the Service Blueprint, in which the support processes for the activities of the subscription club's employees were documented, one notices that there are more registered activities - 17 more. This is due to the fact that in the Service Blueprint only the main processes are identified - the so-called support processes, which are the ones that have the greatest impact on the customer experience -, but not implying

that the others, identified only in the BPMN mapping, are not equally relevant, considering that the BPMN encompasses all the important processes for the business. It is worth mentioning that the mapping was developed by the authors based on their business visions and received contributions from leadership members in some areas of the company.

### **Relating the mappings**

Resuming the objective of the study already presented in this article - to propose improvements in the business processes considering the failure points in the customer experience - the customer experience and business processes mappings already done had to be related. With the two maps ready, the next step was to correlate them through an adapted relationship matrix. The QFD methodology formed the basis for building this matrix.

In the matrix rows, the failure points of the customer experience identified in the Service Blueprint mapping and prioritized by the GUT matrix were arranged. In the columns, all macro processes identified in the previous stage were placed. From this, and with the knowledge of the degree of importance of each critical step, relationships were made between the critical phase related to the failure points and business processes. As previously mentioned, the scale used was a 3-point scale. Table 2 presents the results found after the classification of the relations between processes.

Figure 5. Mapping of business processes

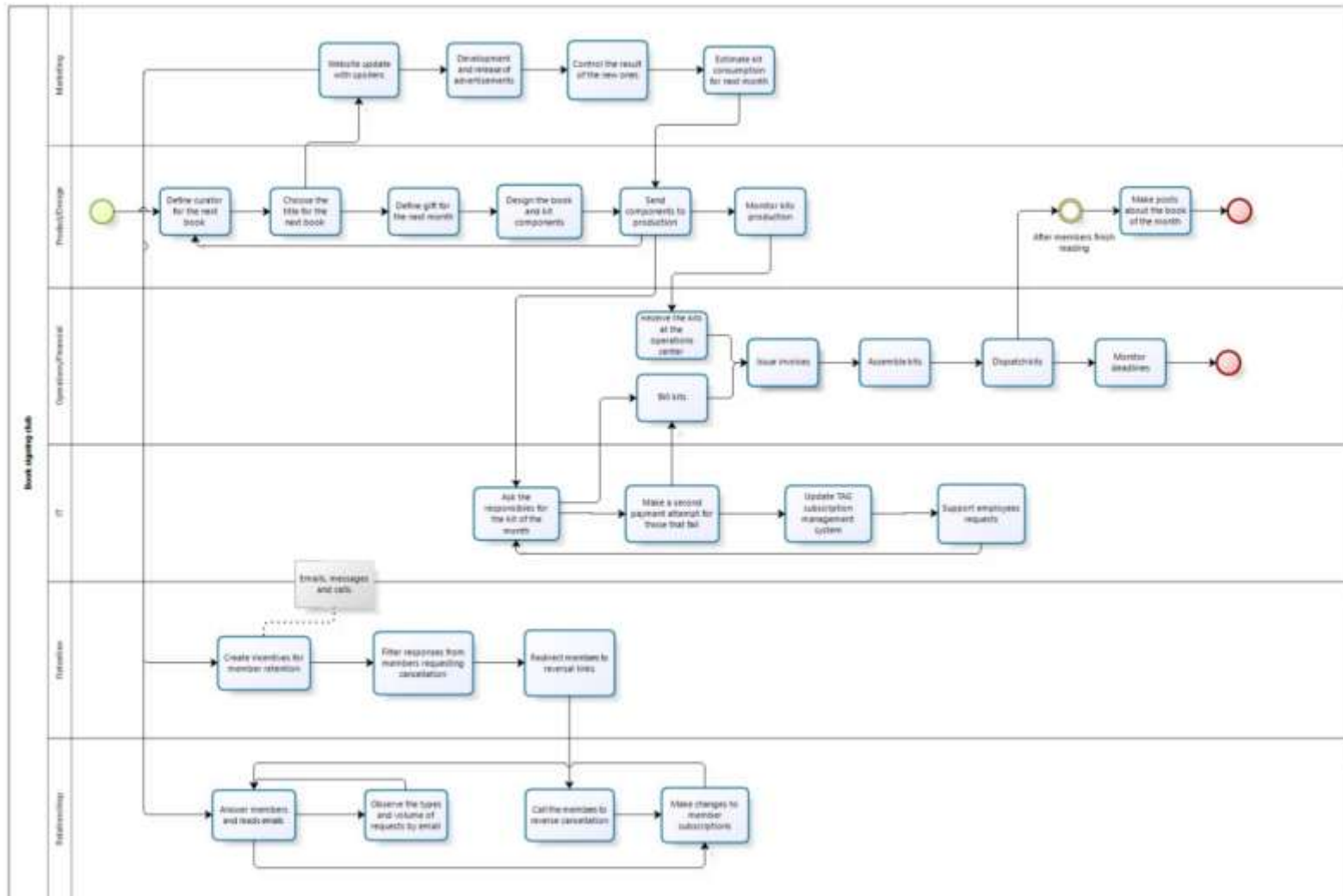


Table 2. Relationship matrix between business processes and critical steps

	Critical Steps - Customer Experience									Weight
	Defines which modality to	Reads the book and the magazine	Receives the first box and unboxes /	Ships the kit	Redirects member to relationship team	Onboards the member's area	Chooses the subscription plan	Requests to suspend next month's	Has the subscription cancelled	
<b>Grade of Importance - GUT</b>	40	32	16	12	12	12	6	4	4	
<b>Business Processes</b>	<b>Relation</b>									
Define the next book's curator	9	9	1	1	1	1	1	9	1	746
Choose the next book's title	9	9	1	1	1	1	1	9	1	746
Define the giveaway of the month	1	3	1	1	1	1	1	1	1	202
Design the book and kit components	1	9	3	1	1	1	1	1	1	426
Send components to production	1	3	3	1	1	1	1	1	1	234
Track the kits' production	1	3	3	1	1	1	1	1	1	234
Update the site with spoilers for the upcoming kit	9	1	1	1	1	3	1	3	1	490
Create and publish monthly advertisements	9	1	1	1	1	1	3	3	1	478
Track newbie results	3	1	1	1	1	1	3	1	1	230
Project the kit's consumption for the month	3	3	3	1	1	1	1	1	1	314
Receive the kits in the operation center	1	3	9	1	1	1	1	1	1	330
Invoice the kits	1	3	9	9	1	1	1	1	1	426
Issue invoices	1	3	3	3	1	1	1	1	1	258
Assemble the kits	1	9	9	3	1	1	1	1	1	546
Dispatch the kits	1	3	9	9	1	1	1	1	1	426
Monitor delivery deadlines	1	1	3	9	1	1	1	1	1	266
Publish posts about the book of the month in the app	1	3	1	1	1	3	1	1	1	226
Bill the active base for the month's kit	1	3	1	1	1	1	1	3	1	210
Re-bill failed members	1	3	1	1	1	1	1	1	1	202
Update the TAG subscription management system	1	1	1	1	3	1	1	1	1	162
Provide support for employee requests	1	1	1	1	1	1	1	1	1	138
Develop incentives for member retention	1	1	1	1	3	1	3	3	1	182
Filter responses from members who requested cancellation	1	1	1	1	9	1	1	1	1	234
Direct members to reversal calls	1	1	1	1	9	1	1	1	1	234
Answer member and lead emails	1	1	1	1	3	3	1	9	1	218
Monitor email request types and volume	1	1	1	1	3	1	1	1	1	162
Call members to reverse cancellation	1	1	1	1	9	1	1	1	3	242
Perform changes to members' subscriptions	1	1	1	1	3	1	1	1	9	194

The ratings for each process were defined by summing the products between the ranking of the relationship between process and critical step (1, 3, or 9) and the degree of importance of each critical step, as shown in the following equation 1:

$$P_j = \sum PN_{ij} \times R_i$$

in which,

$P_j$  = importance of the business process of column  $j$

$PN_{ij}$  = rank of the relation of the critical step of row  $i$  to the business process of column  $j$

$R_i$  = importance level of the critical step of row  $i$

To provide a better visualization, a color scale was designed, highlighting the processes with the highest rankings and which, according to the method used, have the greatest impact on the critical stages of the customer experience. The processes with the five highest scores were selected and, as a result, the business processes that carry the greatest impact are, in their respective order: defining the curator of the next book, choosing the title of the next book, assembling the kits, updating the website with spoilers of the next kit, and elaborating and publishing the ads of the month.

From these five processes, four occur at the beginning of the club's internal flow, meaning that are the initial moments that establish and disclose the product to be

offered and that determine all the following processes. Coincidentally, these processes are also the customer's first steps in the subscription club's journey and, for the case of the spoilers and ads, in the monthly experience, emphasizing the importance of this first moment after the acquisition.

The fifth process is directly linked to the member kit assembly stage, the moment that defines the way the physical product will be delivered to the customer's home. As the book box is the main product offered by the club, it makes perfect sense that these are classified as having a high impact on the customer experience, once subscribers can experience, apart from the surprise, different emotions when opening the customized product (Tao & Xu, 2017).

### **Proposals for improvement**

Based on the results found, it was possible to observe the business processes that have the greatest impact on the customer experience. As the final stage of the study, the improvement proposals are fundamental to maintain these key steps accurately executed. However, it is known that looking at the entire process chain is important, not only at these critical phases, so the improvement proposals also encompass some processes that are not the priority ones. Using the 5W1H tool, some improvements were identified for the analyzed business processes, described in Table 3 and 4 below.

**Table 3.** Proposed improvements for the kit assembly process, website update with spoilers, and development and release of advertisements

Impacted process	Assemble the kits	Update the site with spoilers for the upcoming kit	Create and publish monthly advertisements
What?	Add a system of barcode validating items	Create a document determining the threshold for the amount of spoilers that can be published	
Why?	Ensure that all and the correct items are shipped	Do not release information that the member found to be a surprise	
Where?	Logistic center	Club Web site	Advertisement media
When?	At the time of kit assembly	Before the publication of spoilers and advertisements of the month	
Who?	Logistic center operators	Marketing and product teams	
How?	Create registration barcode for each SKU and add it to each product, while still producing the item. When assembling the kit, a station will beep the codes to confirm that it is in accordance with the production order.	Define what information can be published as spoiler (e.g. only the summary of the work can be published) and register it in an official club document. Clear up these limits to the member.	

**Table 4.** Proposed improvements for the processes of choosing the next book title and guiding members to reverse connections

Impacted process	Choose the next book's title	Direct members to reversal calls
What?	Review the schedule of literary genres sent out each month	Insert a member authorization step for receiving calls
Why?	Balance the genres of books sent out	Ensure that only members who have agreed to be contacted receive the call
Where?	Club office	Member's area
When?	Planning meeting	Signature club entry
Who?	Product team	Relationship and IT teams
How?	Establish new premises for the works that are mailed monthly (e.g. January's book needs to be light and fun). Look at whether the existing calendar meets these premises and, if necessary, update it	Send a pop-up to the member's area to confirm authorization

The proposed opportunities are expected to improve the execution of the impacted

processes and, consequently, the process chain as a whole.

## CONCLUSIONS

This study aimed to understand the impact of business processes on customer experience in a book subscription club and to observe improvement points. It allowed the company to guide the business processes that are critical for the customer experience, from the prioritization of the steps considered as failures and proposal of improvements to minimize friction during the customer experience. For this purpose, five main stages were conducted: (i) Survey of process mapping tools; (ii) Mapping of customer experience and failure points; (iii) Mapping of the company's business processes; (iv) Evaluation of the business processes influence on customer experience; and (v) Business process improvement proposals. The study was characterized as a case study of applied nature with a qualitative approach.

From a theoretical point of view, the study contributes to the literature on process mapping and improvement, based on an employed approach that combines tools for service and business process analysis, offering two analytical perspectives along with other prioritization and process improvement tools. This approach can be used by other companies interested in aligning their internal processes to the customer experience, and also by other authors who intend to enhance the approach used.

The results obtained from the study indicate that the processes with the major impact that happen in the back office influence the beginning of the customer's journey in the club, a key moment for the experience. The study also concluded that, by knowing which are the critical stages, it is imperative to have contingency plans to improve them or, alternatively, to always keep a more detailed overview than for the other processes. In general, the improvements presented sought to enhance these backoffice processes, for the purpose of improving the experience offered to the customer.

The analyses undertaken also made the company reflect on how to control the customer experience and business processes. As future developments, it is suggested, as a continuation of the work, the deployment of the proposed improvements in the company under study and monitoring of results through indicators. For the implementation of these enhancements, it is suggested to conduct a survey of the costs of new projects and compare them with the application efforts in order to prioritize the order of execution of the actions. A new round of brainstorming, this time with the participation of all directors of the company, would also be interesting to raise new opportunities for betterment of the processes currently executed.

## REFERENCES

- ABComm - Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (2023). *Subscription Clubs: insights and numbers of this market trend*. <https://www.consumidormoderno.com.br/2020/03/05/clubes-de-assinatura-tendencia/>
- Andonova, Y.; Anaza, N. A.; Bennett, D. H. S. (2021). Riding the subscription box wave: Understanding the landscape, challenges, and critical success factors of the subscription box industry. *Business Horizons*, 64, 631e646. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.02.024>
- Azevedo, F. V.; Tinoco, M. A. C. (2020). Um processo, dois olhares: Análise do processo de diplomação de uma instituição federal de ensino superior com BPM e Service Blueprinting. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 7(24), 23-48. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/vol7-n24/art02.pdf>
- Chinosi, M. & Trombetta, A. (2012). BPMN: An introduction to the standard. *Computer Standards & Interfaces*, 34(1), 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>
- Correa, H. L. & Caon, M. (2000). *Service management: profitability through operations and customer satisfaction*. São Paulo: Atlas Press.
- Dornelles, J. de A., Júnior, C., & Lerman, L. V. (2021). *Best practices for COVID-19 Test Process in a Hospital Emergency Department*. Sao Paulo, 13.
- Gersch, M., Hewing, M., & Schöler, B. (2011). Business Process Blueprinting – an enhanced view on process performance. *Business Process Management Journal*, 17(5), 732-747. <https://doi.org/10.1108/14637151111166169>
- Gonzalez, M. E., Quesada, G., Picado, F., Eckelman, C. (2004). Customer satisfaction using QFD: an e-banking case. *Managing Service Quality*, 14(4), 317-330. <https://doi.org/10.1108/09604520410546851>
- Harrington, H. J. (1993). *Improving Business Processes*. São Paulo: Makron Books.
- Kazemzadeh, Y., Milton, S. K. & Johnson, L. W. (2015). A Conceptual Comparison of Service Blueprinting and Business Process Modeling Notation (BPMN). *Asian Social Science*, 11(12), 307-318. <https://doi.org/10.5539/ass.v11n12p307>
- Kumar, V., Smart, P. A., Maddern, H., & Maull, R. S. (2008). Alternative perspectives on service quality and customer satisfaction: The role of BPM. *International Journal of Service Industry Management*, 19(2), 176-187. <https://doi.org/10.1108/09564230810869720>
- Li, Z.; Zhao, X.; Ou, G. (2023). Understanding customer satisfaction in curated subscriptions services: Moderating roles of subscription time and information disclosure. *Information & Management*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.im.2023.103834>
- Meira, R. C. (2003). *Tools for quality improvement*. Porto Alegre: SEBRAE.
- Milton, S. K., & Johnson, L. W. (2012). Service blueprinting and BPMN: A comparison. *Managing Service Quality*, 22(6), 606-621. <https://doi.org/10.1108/09604521211287570>
- Noorda, R. (2019). The Element of Surprise: A Study of Children's Book Subscription Boxes in the USA. *Publishing Research Quarterly*, 35(2), 223-235. <https://doi.org/10.1007/s12109-019-09641-z>
- Patrício, L., Fisk, R. P., Cunha, J. F., & Constantine, L. (2011). Multilevel Service Design: From Customer Value Constellation to Service Experience Blueprinting. *Journal of Service Research*, 14(2), 180-200. <https://doi.org/10.1177/1094670511401901>

- Pereira, P., Bastos, F. C. (2009). Customer retention through relationship marketing in the pharmacy and drugstore segment. *Symposium of excellence in management and technology*, p. 15.
- Rotondaro, R. G. (2002). SFMEA: SFMEA: Analysis of the effect and mode of failure in services - applying prevention techniques to improve services. *Production*, 12(2), 54-62. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132002000200006>
- Santos, A. R.; Tinoco, M. A. C. (2021). Melhorias em processos do serviço hospitalar veterinário a partir dos princípios Lean: estudo de caso em uma Instituição Federal de Ensino Superior. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 7(26), 27-50. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/vol7-n26/art02.pdf>
- Santos, M. F. L.; Mesquita, L.; Peixoto, J. G. M.; Camargo, I. (2022). Digital News Business Models in the Age of Industry 4.0: Digital Brazilian News Players Find in Technology New Ways to Bring Revenue and Competitive Advantage. *Digital Journalism*. <https://doi.org/10.1080/21670811.2022.2037444>
- Shostack, L. (1984). Designing services that deliver. *Harvard Business review*, 62(1), 133-139. <https://hbr.org/1984/01/designing-services-that-deliver>
- Silveira, P. C. (2020). *The importance of customer experience and the best practices that distinguish leading organizations from those of others*. <https://www.revistaferamental.com.br/artigo/importancia-experiencia-cliente-boas-praticas-diferenciam-as-organizacoes-lideres-demais/>
- Smith, H., Finger. P. (2007) *Business Process Management (BPM): The Third Wave*. Tampa: Meghan-Kiffer Press.
- Solvang, B. K. (2006). Effects of IT maturity and freedom of choice regarding relations between the service provider and its clients. *International Journal of Business Science & Applied Management (IJBSAM)*, 1(1), 14-24. <https://www.econstor.eu/handle/10419/190576>
- Spiller, E. S. (2006). *Service Management and Internal Marketing (2nd edition)*. Rio de Janeiro: FGV Press.
- Tseng, M. M., Qin Hai, M., & Su, C. (1999). Mapping customers' service experience for operations improvement. *Business Process Management Journal*, 5(1), 50-64. <https://doi.org/10.1108/14637159910249126>
- Van Looy, B., Gemmel, P., Desmet, S. Dierdonck, R. V., Serneels, S. (1998). Dealing with productivity and quality indicators in a service environment: some field experiences. *International Journal of Service Industry Management*, 9(4), 359-376. <https://doi.org/10.1108/09564239810228867>
- Vanin, G. S.; Tinoco, M.A. C. (2023). Melhorias em serviços de suporte de uma empresa de tecnologia da informação a partir da priorização de atributos de qualidade percebida: percepções de funcionários e gestores. *Produto & Produção*, 24(1), 73-94. <https://doi.org/10.22456/1983-8026.128672>
- Vernadat, F. B. (1996). On the origins of. Kosanke, K., Jochem, R., Nell, J. G., Bas, A. O. In *Enterprise Inter and Intra-Organizational Integration: Building International Consensus* (pp 25-33). Londres: Chapman & Hall.

### Authors

**Mariana Chagas Pegoraro.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0691-9655>

Email: [marianacpegoraro@gmail.com](mailto:marianacpegoraro@gmail.com)

**Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco.** Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2941-1693>

Email: [maria@producao.ufrgs.br](mailto:maria@producao.ufrgs.br)

**Georgia Schlabitz Vanin.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9857-9926>

Email: [georgia.vanin@gmail.com](mailto:georgia.vanin@gmail.com)

Recibido: 01-03-2023

Aceptado: 28-06-2023

# Artículos de Divulgación

**TEMAS DE  
INTERÉS GENERAL**



# Composición proximal del tejido muscular de seis peces comestibles recolectados en las costas nororientales de Venezuela

*Proximate composition of the muscular tissue of six edible fish collected from north-west coastal of Venezuela*

Haydelba D'Armas, Alexis Mendoza, María Ranaudo, Gabriel Ordaz

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.482>

**Palabras clave:** especies comerciales, peces marinos comestibles, Haemulidae, Carangidae, Gerreidae

**Key words:** Commercial species, fish for food, Haemulidae, Carangidae, Gerreidae

## RESUMEN

Los peces marinos han sido una fuente de alimento para el ser humano desde épocas ancestrales, sin embargo, el conocimiento nutricional de este tipo de alimentos parece no haber sido profundizado debidamente, especialmente de aquellas especies provenientes de aguas venezolanas. Por ello, se propuso evaluar la composición proximal, energética y lipídica de seis especies de peces marinos de alto consumo en la región nororiental de Venezuela. Para cada una, se determinó el contenido total de lípidos, proteínas (540 nm), carbohidratos (630 nm), agua (humedad) y residuo mineral (cenizas) como estándares nutricionales. De acuerdo con los análisis estadísticos hubo diferencias significativas entre especies ( $P < 0,05$ ), obteniéndose tres a cuatro grupos homogéneos. Los resultados sugieren que estos peces marinos, en especial las especies *H. steindachneri* y *C. crysos*, son una fuente de carne magra, rica en proteínas, fosfolípidos y minerales, los cuales podrían ser aprovechados por la industria alimentaria para la elaboración de nuevos productos con alto valor nutricional.

## ABSTRACT

Marine fish have been a source of food for humans since ancient eras. However, it seems that nutritional knowledge of this kind of food has not been completed properly, especially from those that occur in Venezuelan waters. The aim of this study was to evaluate the proximate, energetic, and lipid composition of six high-consumption-marine-fish. Proximate composition was obtained by standard analytic (gravimetric and spectrophotometric) methodologies, including total content of lipids, proteins (540 nm) carbohydrates (630 nm), water (moisture), and remainder minerals (ash). Statistical analyses indicated significant differences among species ( $P < 0.05$ ), being distributed into two to four homogenous groups. Results suggest that these marine fish (especially *H. steindachneri* and *C. crysos*) are a source of lean meat, rich in proteins, phospholipids, and minerals, which could be used by the food industries to manufacture new products with high nutritional value.

## INTRODUCCIÓN

Los peces marinos han sido un producto alimenticio importante para la dieta humana desde tiempos ancestrales y son consumidos en diferentes formas, representando una fuente importante de macro y micronutrientes. Su consumo ofrece mayores beneficios sobre la salud que los productos cárnicos terrestres, debido a su excelente balance de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, lo que muchas veces es ignorado o infravalorado (Tilami y Sampels, 2017; Balami et al., 2019; Tacon et al., 2020).

La carne de pescado es reconocida como una fuente de ácidos grasos esenciales, especialmente los poliinsaturados tipo omega-3, como los ácidos eicosapentaenoico (EPA), y docosahexaenoico (DHA), los cuales han demostrado tener un efecto regulador y beneficioso en los sistemas cardiovascular, ocular y nervioso central, procesos cognitivos y conductuales, así como en la prevención y tratamiento de enfermedades inflamatorias, neurodegenerativas, diabetes y cáncer, entre muchas otras (Domínguez Lorenzo et al., 2017; Shahidi y Ambigaipalan, 2018; Balami et al., 2019). También son una fuente de proteínas altamente digeribles y de gran valor biológico, ricos en aminoácidos esenciales que se encuentran limitados en carnes y vegetales de origen terrestre, como metionina, lisina, leucina y cisteína, así como péptidos bioactivos que han despertado el interés por sus efectos benéficos en los procesos metabólicos

humanos (Tilami y Sampels, 2017; Balami et al., 2019; Dale et al., 2019).

Venezuela es una región privilegiada con acceso al mar Caribe y al océano Atlántico, que sirven de hábitat a una diversidad de especies, especialmente una ictiofauna comestible, cuyo conocimiento nutricional ha sido poco explotado (Cervigón y Rodríguez, 1997; Miloslavich et al., 2003; Cervigón, 2005; Figueroa López y Brante, 2020). La producción pesquera en Venezuela suele destinarse al consumo fresco, la industria conservera, la industria harinera, el consumo seco-salado y la exportación, aunque no es capaz de satisfacer en buena forma la demanda del consumo interno y las exigencias de exportación (Ginés y Pastor, 1980). La región nororiental de Venezuela es una zona pesquera por excelencia por la abundancia de sardinas (*Sardinella aurita*) y su hábitat fértil, ya que pertenece al área de surgencias (Gómez Gaspar, 2002; Figueroa López y Brante, 2020). Aunque los estudios sobre el valor nutricional de los peces de las costas venezolanas son escasos o limitados, algunos de ellos han evidenciado su potencial como fuente de proteínas, ácidos grasos omega-3, aminoácidos esenciales y minerales (Izquierdo Córser et al., 2000). Con el propósito de incrementar el conocimiento sobre el valor nutricional de las especies de peces que se consumen en este país, y que pueden de ser aprovechados para la elaboración de productos de valor agregado con destino a la alimentación de

la población, se evaluó la composición proximal, energética y lipídica del tejido muscular de seis especies provenientes de

la localidad de Guayacán, municipio Cruz Salmerón Acosta, estado Sucre, Venezuela.

## METODOLOGÍA

### Muestreo

En la tabla 1 se indican las seis especies de peces que fueron recolectadas cerca de la población de Guayacán, península de Araya (10°40'23"N, 63°50'31"O), estado Sucre, Venezuela (agosto, 2011), mediante pesca artesanal con red. De cada especie se seleccionaron 12 peces adultos, de aproximadamente iguales dimensiones, los cuales se lavaron con abundante agua destilada, se conservaron en una cava con hielo y se trasladaron al laboratorio de Productos Naturales y Lípidos de la Universidad de Oriente (Núcleo de Sucre, Venezuela) para su posterior análisis. Las muestras de cada especie se filetearon, macerándose el tejido muscular para cada caso.

### Composición lipídica

Los lípidos totales de cada especie se extrajeron empleando la técnica de Overturf y Dryer (1967), homogeneizándose en frío porciones de 1,5 g de tejido muscular con 15 mL de una mezcla cloroformo-metanol (2:1 v/v), por agitación durante 1 h. Luego de filtrar, el residuo se extrajo nuevamente, recogiendo los filtrados en embudos de separación con NaCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>. Seguidamente se dejaron reposar en refrigeración por 16 h, se separó la fase orgánica, la cual se secó con Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro (~5 g/100 mL de solvente), y se concentró a presión reducida (rotaevaporador Heidolph, ~11 mbar, 40 °C). El extracto lipídico obtenido se burbujeó con nitrógeno gaseoso y se refrigeró. El porcentaje de lípidos totales se determinó por gravimetría.

**Tabla 1.** Especies recolectadas en las costas de la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela

N	Nombre local	Otros nombres comunes	Nombre científico	Familia
1	Chere-chere	Cocoroca-de-boca-larga, Burro-latino, Ronco chere-chere	<i>Haemulon steindachneri</i> (Jordan y Gilbert, 1882)	Haemulidae
2	Cují	Jeníguano rayado, Ronco pinto, Cocoroca-listrada	<i>Haemulon striatum</i> (Linnaeus, 1758)	Haemulidae
3	Corocoro	Corocoro Congo, Corcoroca, Comegramo	<i>Orthopristis ruber</i> (Cuvier, 1830)	Haemulidae
4	Cojinúa	Cojinoa negra, Jurel azul, Garajuba	<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	Carangidae
5	Cataco	Surel, Jurel, Chicharro Garretón	<i>Trachurus lathami</i> (Nichols, 1920)	Carangidae
6	Mojarra	Mojarra rayada, Patao rayado, Caratinga	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)	Gerreidae

Las familias de lípidos presentes en cada extracto se caracterizaron y cuantificaron por cromatografía de capa fina automatizada acoplada a un detector de ionización de llama (TLC-FID) (Ackman, 1981). Se empleó una jeringa Hamilton para inyectar 2  $\mu$ L de cada solución de extracto lipídico en cloroformo (34 mg mL<sup>-1</sup>) en varillas de cuarzo individuales recubiertas con gel de sílice, previamente activadas. Las varillas fueron colocadas durante 25 min en un tanque cromatográfico con una mezcla hexano/éter dietílico/ácido acético 70:29:1 (v/v). Seguidamente, las varillas fueron introducidas en un Iatroscan MK-5 operado con un integrador Iatrocorder TC-11. El detector de ionización de llama se operó a un flujo de aire de 1,5 L min<sup>-1</sup> (bomba generadora) y un flujo de hidrógeno de 160 mL min<sup>-1</sup>. La velocidad de análisis fue de 35 s por varilla. La identificación de los lípidos presentes en el extracto, se realizó por comparación de los tiempos de retención obtenidos con los registrados para patrones comerciales y las proporciones por la integración del área bajo la curva de cada pico del cromatograma.

Para la identificación de los lípidos mediante resonancia magnética nuclear (RMN) de C-13, se tomaron aproximadamente 50 mg de cada uno de los extractos de lipídicos totales, se disolvieron en cloroformo deuterado (CDCl<sub>3</sub>, ~10 mL) con una pequeña cantidad de tetrametilsilano (TMS, ~1 mL) como referencia y se colocaron en tubos de resonancia de 10 mm de diámetro. Los espectros de resonancia se obtuvieron a

75,0 MHz con un espectrómetro Bruker WP-3 V de 300 MHz. Los desplazamientos químicos ( $\delta$ ) se reportaron en ppm con respecto al TMS, comparándose con aquéllos reportados en la literatura para el colesterol, ácidos grasos saturados e insaturados, triacilgliceroles y fosfolípidos.

### Composición proximal

Además del contenido de lípidos totales, se determinaron otros parámetros nutricionales como el contenido de proteínas totales, carbohidratos totales, humedad y cenizas. El contenido de proteínas totales se determinó por el método de Biuret (Alemany y Font, 1983). Cada muestra se preparó a partir de 1 g del tejido muscular que fue homogeneizado en frío con 9 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, centrifugándose a 3000 rpm durante 15 min. El sobrenadante se mezcló con 0,6 mL del reactivo y se calentó en baño de María por 10 min. Seguidamente, se analizaron en un Spectronic 21 (Milton Roy Company) a 540 nm, a partir de una curva de calibración de albúmina de suero bovino (10 mg mL<sup>-1</sup>). Para determinar los carbohidratos totales se preparó una dispersión de 1 g de muestra con 10 mL de agua, a la cual se adicionaron 13 mL de la solución de ácido perclórico, se agitó durante 20 min, y se llevó el volumen a 100 mL. Se filtró y se diluyó una alícuota de 10 mL del extracto a 100 mL con agua destilada. Seguidamente se transfirió 1 mL a un tubo de ensayo al cual se le agregó 5 mL del reactivo de antrona y se llevó a baño de María durante 12 min. La concentración de carbohidratos fue determinada espectrofotométricamente a 630 nm, a partir de una curva de

calibración de glucosa 0,1 mg mL<sup>-1</sup> (Winmer et al., 1970).

La cantidad de agua (humedad) y de residuo inorgánico (minerales o cenizas) se determinaron gravimétricamente de acuerdo con los procedimientos descritos por la Comisión Venezolana de Normas Industriales en las normas 1120 (1997) y 1220 (1999), respectivamente. Se pesó aproximadamente 1 g de cada tejido muscular en crisoles que fueron colocados en una estufa Imperial a 110°C durante 24 h y, posteriormente, se calcinaron en una mufla Vulcan A-130 a 450°C durante 12 h, una vez lograda una masa constante en cada uno de los casos.

## Energía

La energía calórica fue calculada a partir del contenido de nutricional como:

$$E = (9 \text{ kcal g}^{-1} \times \% \text{ lípidos}) + (4 \text{ kcal g}^{-1} \times \% \text{ proteínas}) + (4 \text{ kcal g}^{-1} \times \% \text{ carbohidratos}) \quad (1)$$

## Análisis estadístico

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado, expresándose los resultados como la media  $\pm$  desviación estándar. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor y una prueba a posteriori (Duncan), empleándose el programa estadístico SPSS v.23.0 (IBM Corp.) para determinar diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre especies para cada parámetro en estudio. Pruebas de normalidad fueron realizadas previamente a los datos, los cuales mostraron ser aproximadamente normal.

## RESULTADOS

En la tabla 2 se presenta el contenido nutricional del tejido muscular de las seis especies de peces provenientes de la localidad de Guayacán, estado Sucre, Venezuela. El contenido total de agua (humedad), carbohidratos, proteínas, lípidos y minerales oscilaron entre 74-80%, 2,3-3,4%, 13-21%, 0,5-1,5% y 0,9-1,4%, respectivamente. La especie *H. steindachneri* presentó el mayor contenido de proteínas y el menor contenido de humedad y minerales. *H. striatum* presentó el mayor contenido de carbohidratos y humedad, así como el menor contenido de proteínas. La especie *O. ruber* presentó el

mayor contenido graso, mientras que *C. crysos* presentó el menor. La especie *T. lathamii* presentó el menor contenido de carbohidratos y las especies *E. plumieri* y *C. crysos* evidenciaron el mayor contenido de minerales. El contenido energético estuvo comprendido entre 77,9 y 107,8 kcal g<sup>-1</sup>, representados por las especies *E. plumieri* y *H. steindachneri*, respectivamente. El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre especies ( $P < 0,05$ ) para los diferentes parámetros, agrupando las especies en tres a cuatro subgrupos.

**Tabla 2.** Composición proximal (%) y contenido energético de seis especies de peces recolectadas en Guayacán, estado Sucre, Venezuela

Parámetro	1	2	3	4	5	6
Humedad	74.47±0.65 <sup>a</sup>	80.51±0.24 <sup>b</sup>	79.42±0.51 <sup>c</sup>	76.64±0.46 <sup>d</sup>	79.68±0.33 <sup>c</sup>	79.92±0.76 <sup>b,c</sup>
Carbohidratos	2.67±0.18 <sup>a</sup>	3.43±0.22 <sup>b</sup>	2.51±0.25 <sup>a,c</sup>	2.64±0.09 <sup>a</sup>	2.34±0.10 <sup>c</sup>	2.35±0.12 <sup>a,c</sup>
Proteínas	21.37±0.46 <sup>a</sup>	13.90±0.27 <sup>b</sup>	15.67±0.18 <sup>c</sup>	18.40±0.98 <sup>d</sup>	16.18±0.29 <sup>c</sup>	15.40±0.89 <sup>c</sup>
Lípidos	1.30±0.53 <sup>a,b</sup>	1.24±0.17 <sup>a,b</sup>	1.48±0.07 <sup>a</sup>	0.53±0.09 <sup>d</sup>	1.01±0.08 <sup>b,c</sup>	0.76±0.16 <sup>b,c,d</sup>
Minerales	0.91±0.11 <sup>a</sup>	1.03±0.06 <sup>a</sup>	0.95±0.14 <sup>a</sup>	1.44±0.03 <sup>b</sup>	0.98±0.21 <sup>a</sup>	1.44±0.09 <sup>b</sup>
E*/kcal g <sup>-1</sup>	107.8±4.9 <sup>a</sup>	80.5±1.3 <sup>b</sup>	86.0±2.1 <sup>c,d</sup>	89.0±3.0 <sup>d</sup>	83.2±1.7 <sup>b,c</sup>	77.9±4.0 <sup>b</sup>

1: *H. steindachneri*, 2: *H. striatum*, 3: *O. ruber*, 4: *C. crysos*, 5: *T. lathami*, 6: *E. plumieri*, E\*: Energía calculada. Los valores son medias de tres réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre especies (P<0.05).

Los componentes lipídicos principales en las seis especies fueron fosfolípidos (FLP, 66,10-90,80%) y triacilgliceroles (TAG, 6,77-34,00%), observándose diferencias significativas entre todas las especies (P<0,05, tabla 3). La especie *H. steindachneri* fue la que presentó el mayor contenido de FLP, mientras que los TAG se

encontraron en mayor proporción en la especie *O. ruber*. Los peces *C. crysos* y *E. plumieri* también exhibieron una pequeña proporción de ácidos grasos libre (AGL, 0,80-1,00%), colesterol (COL, 4,50%) y ésteres de colesterol (ESC, 1,30-6,90%).

**Tabla 3.** Composición de lipídica de seis especies de peces recolectadas en Guayacán, estado Sucre, Venezuela

Lípido	1	2	3	4	5	6
FLP	90.80±0.30 <sup>a</sup>	68.30±0.20 <sup>b</sup>	66.10±0.80 <sup>c</sup>	85.30±0.90 <sup>d</sup>	76.80±0.70 <sup>e</sup>	81.30±0.50 <sup>f</sup>
TAG	9.20±0.30 <sup>a</sup>	32.00±0.20 <sup>b</sup>	34.00±0.80 <sup>c</sup>	6.77±0.45 <sup>d</sup>	23.00±0.70 <sup>e</sup>	7.10±0.10 <sup>e</sup>
AGL	-	-	-	0.80±0.10 <sup>a</sup>	-	1.00±0.10 <sup>b</sup>
COL	-	-	-	4.50±0.30 <sup>a</sup>	-	4.50±0.10 <sup>a</sup>
ESC	-	-	-	1.30±0.10 <sup>a</sup>	-	6.90±0.10 <sup>b</sup>

1: *H. steindachneri*, 2: *H. striatum*, 3: *O. ruber*, 4: *C. crysos*, 5: *T. lathami*, 6: *E. plumieri*, FLP: Fosfolípidos, AGL: Ácidos grasos libres, COL: Colesterol, TAG: Triacilgliceroles, ESC: Ésteres de colesterol. Los valores son medias de tres réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas entre especie (P<0.05).

En la tabla 4 se reportan los desplazamientos químicos (δC) obtenidos en los análisis de RMN de los extractos lipídicos de las seis especies de peces. La

mayoría de los espectros presentaron señales similares que no evidenciaron diferencias significativas (P>0,05).

**Tabla 4.** Asignaciones de las señales ( $\delta C \pm 0,1$ ) de RMN de C-13 de los extractos lipídicos de los seis peces recolectados en Guayacán, estado Sucre, Venezuela

Señal	1	2	3	4	5	6	Interpretación*
A	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	-CH <sub>3</sub> (C <sub>n</sub> de ácidos grasos)
B	22,6	22,6	22,6	22,7	22,7	22,7	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> (C <sub>n-1</sub> de ácidos grasos)
C	24,8	24,7	24,7	24,8	24,8	24,8	-COO-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - (C <sub>3</sub> de ácidos grasos)
D	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	-CH <sub>2</sub> -CH=CH-CH <sub>2</sub> - (C <sub>n-8</sub> , C <sub>n-5</sub> de ácidos grasos)
E	28,9		28,9		28,9	28,9	-CH <sub>2</sub> -CH=CH- (C <sub>n-11</sub> de ácidos grasos)
F	29,6	29,7	29,6	29,7	29,7	29,6	-(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> -
G	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> (C <sub>n-2</sub> de ácidos grasos)
H	34,0	34,0	34,0	33,9	34,0	33,9	-O-(C=O)-CH <sub>2</sub> - (C <sub>2</sub> de ácidos grasos)
I	54,4		54,4	54,4	54,4		-N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (lecitina)
J	62,1	62,1	62,1		62,2		α-CH <sub>2</sub> -O- (C <sub>1,3</sub> del esqueleto glicerol)
K		65,0					-CH <sub>2</sub> -N <sup>+</sup> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (lecitina)
L		68,9	69,0		68,9		β-CH-O- (C <sub>2</sub> del esqueleto glicerol)
M	129,8	129,7	129,7		129,7		-CH=CH-
N	130,0	130,0	129,9		129,9		-CH=CH-
O	173,3	173,3	173,3		173,3		-O-(C=O)- (C <sub>1</sub> de ácidos grasos)
P			178,0				HO-(C=O)- (C <sub>1</sub> de ácidos grasos libres)

1: *H. steindachneri*, 2: *H. striatum*, 3: *O. ruber*, 4: *C. crysos*, 5: *T. lathamii*, 6: *E. plumieri*, \*: Asignaciones con base en los valores reportados por Everts y Davis (2000) y Gao (2008). Los valores son medias de tres réplicas  $\pm$  desviación estándar.

A campo bajo se observaron señales alrededor de 173 y 130 ppm asociados a carbonos tipo carbonilos (C=O) y olefinas (C=C), respectivamente. Alrededor de 60-70 ppm se encontraron señales atribuidas a carbonos con enlaces simples hacia átomos electronegativos como el oxígeno (C-O). Mientras que a campo alto ( $\delta C$  35-14 ppm) se observaron las diferentes señales alquílicas (C-C) asociados con los diferentes entornos químicos.

### Discusión

Los valores de humedad, proteínas, lípidos, y minerales totales encontrados para los seis peces de las costas nororientales venezolanas (tabla 1) se

corresponden con los valores reportados para otras especies de peces de diferentes regiones, cuyos valores oscilaron alrededor de 65-80%, 15-21%, 0,2-25% y 0,5-2%, respectivamente (Fonseca-Rodríguez y Chavarría-Solera, 2017; Pal et al., 2018; Balami et al., 2019). El contenido de agua en factor importante a considerar en un análisis proximal, ya que proporciona una idea de la frescura de los alimentos y se le asocia una relación inversa con los demás componentes nutricionales, especialmente con el contenido de grasas y proteínas (Ahmed et al., 2022). La cantidad de agua está asociada a factores biológicos intrínsecos de los peces, como la etapa de

desarrollo de los mismos (siendo mayor en especies adultas) o a procesos de osmorregulación (Ahmed et al., 2022; Herawati et al., 2017). Algo a considerar para mantener la calidad de los peces por más tiempo es reducir la humedad, ya que así se reduce la susceptibilidad microbiana y la degradación oxidativa de otros macronutrientes (Oluwaniyi y Dosumu, 2009).

De acuerdo con Ahmed et al. (2022) los peces marinos pueden presentar valores bajos (<15%), altos (15-20%) y muy altos (>20%) de proteínas. Con base en esta información la mayoría de las especies evaluadas (4 de 6) presentaron valores altos de proteínas, la especie *H. steindachneri* presentó un valor muy alto, y la especie *H. striatum* un valor bajo, observándose la relación negativa del contenido de proteína con el contenido de agua.

El contenido de carbohidratos en los músculos de los peces rara vez es reportado dentro de la composición proximal. La mayoría de las veces, este valor suele obtenerse por diferencia de los otros compuestos, reportándose valores muy bajos (prácticamente cero). Sin embargo, los valores reportados en este estudio son valores obtenidos experimentalmente que pueden asociarse con glucógeno muscular disponible para el movimiento y no como almacén energético en períodos de baja disponibilidad de alimentos (Hemre et al., 2002). Por lo cual los valores encontrados en este estudio pueden estar relacionados a las condiciones de estrés durante su captura.

Los peces pueden clasificarse de acuerdo con su contenido total de grasas como grasos o azules (>7 g/100 g), moderadamente grasos (4-7 g/100 g), bajos en grasas (2-4 g/100 g) y magros o blancos (<2 g/100 g) (Özden et al., 2010; Acuña Reyes, 2013, Ahmed et al., 2022). Con base en esta clasificación puede afirmarse que los seis peces marinos en estudio son magros, debido a que el contenido de grasa total en el tejido muscular de estos peces no superó el 1,5%.

Como se observa en la tabla 3, la composición grasa estuvo representada mayormente por fosfolípidos (60-90%), y las señales obtenidas por RMN-C13 para los extractos lipídicos (tabla 4) se ajustan con la presencia de glicerofosfolípidos, con posibles ácidos grasos saturados e insaturados. Los 3 carbonos del glicerol fueron detectados aproximadamente a  $\delta C$  de 69 y 62 ppm, mientras que las señales a  $\delta C$  de 54 y 65 ppm parecen corresponder con los carbonos enlazados a nitrógeno como fosfolípidos tipo fosfatidilcolina y/o fosfotidiletanolamina. Las señales a  $\delta C$  de 129-130, indican la presencia de carbonos con enlaces dobles (C=C), mientras que las señales a  $\delta C$  de 27-29, parece indicar entornos químicos correspondientes a ácidos grasos tipo n-9 y n-6.

Los fosfolípidos de origen marino, especialmente aquellos con fragmentos de ácidos grasos poliinsaturados de tipo omega-3 como el ácido docosahexaenoico, resultan de gran interés debido a su biodisponibilidad y función en la salud humana, siendo los únicos capaces entrar al cerebro a través de la barrera sanguínea, en

comparación con los triacilglicerolos o los ácidos grasos libres relacionados (Ahmmed et al., 2020; Lordan et al., 2020). Además, estos fosfolípidos juegan un rol importante en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, desórdenes neurológicos y enfermedades asociadas a hígado graso (Schverer et al., 2020; Tacon et al., 2020).

Los ácidos grasos poliinsaturados también cumplen un rol importante en la regulación

de los niveles de colesterol y triglicéridos, así como coadyuvantes en el tratamiento de desórdenes neurodegenerativos e inflamatorios (Alagawany et al., 2021; Kumar y Sharma, 2022). Recientemente, también ha surgido evidencia de su posible rol prebiótico (Rinninella y Costantini, 2022) y beneficio en pacientes de COVID-19 (Djuricic y Calder, 2021).

## CONCLUSIONES

Los peces cherechere (*H. steindachneri*), cují (*H. striatum*), corocoro (*O. ruber*), cojinúa (*C. crysos*), cataco (*T. lathami*) y mojarra (*E. plumieri*), provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, evidenciaron ser una fuente de carne magra que pueden proveer nutrientes beneficiosos para la salud como proteínas, fosfolípidos y minerales, así como posibles ácidos grasos insaturados de las familias  $\omega$ -6 y  $\omega$ -9. Las especies *H. steindachneri* y *C. crysos* exhibieron la mayor proporción de

proteínas y fosfolípidos. Además de recomendar la ingesta de estas especies en la dieta cotidiana, como producto fresco, también deberían ser considerados por la industria alimentaria como materia prima para la elaboración de otro tipo de productos para consumo humano o animal, como filetes en lata, croquetas, hamburguesas, entre otros, que pueden ofrecer nutrientes indispensables para la alimentación de la población.

## REFERENCIAS

Ackman, R.G. (1981). Flame ionization detection applied to thin layer chromatography on coated quartz rods. *Methods Enzymol.*, 72, 205-252. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(81\)72013-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(81)72013-5)

Acuña Reyes, M.J. (2013). Peces de cultivo, composición, comparación con carnes de consumo habitual. Ventajas del consumo de pescados. *Diaeta*, 31(143), 26-30.

Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. A. (2022). Muscle proximate composition of

various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(3), 690-719. <https://doi.org/10.1111/jpn.13711>

Ahmmed, M. K., Ahmmed, F., Tian, H., Carne, A., & Bekhit, A. E. D. (2020). Marine omega-3 (n-3) phospholipids: A comprehensive review of their properties, sources, bioavailability, and relation to brain health. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 19(1), 64-123. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12510>

- Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., El-Sabrou, K., Alqaisi, O., Dawood, M. A., Soomro, H., & Abdelnour, S. A. (2022). Nutritional significance and health benefits of omega-3, -6 and -9 fatty acids in animals. *Animal Biotechnology*, 33(7), 1678-1690. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1869562>
- Aleman, M., & Font, S. (1983). *Prácticas de bioquímica*. Alhambra, España. 335 p.
- Balami, S., Sharma, A., & Karn, R. (2019). Significance of nutritional value of fish for human health. *Malays. J. Halal Res.*, 2(2), 32-34. <https://doi.org/10.2478/mjhr-2019-0012>
- Cervigón, F. (2005). La ictiofauna marina de Venezuela: Una aproximación ecológica. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*, 44(1), 3-28.
- Cervigón, F., & Rodríguez, B. (1997). Peces marinos. 15-52. En: La Marca, E. (Ed.). *Vertebrados: Actuales y fósiles de Venezuela*. Serie Catálogo Zoológico de Venezuela. Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida, Venezuela.
- COVENIN (1997). Norma 1120: *Carnes y productos cárnicos. Determinación de humedad*. Caracas: Fondonorma.
- COVENIN. (1999). Norma 1220: *Carnes y productos cárnicos. Determinación del contenido total de cenizas*. Fondonorma, Caracas.
- Dale, H. F., Madsen, L., & Lied, G. A. (2019). Fish-derived proteins and their potential to improve human health. *Nutr. Rev.*, 77(8), 572-583. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz016>
- Djuricic, I., & Calder, P. C. (2021). Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: An update for 2021. *Nutrients*, 13(7), 2421 (23pp.). <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
- Domínguez Lorenzo, J., Cerino Frías, T.C., Martínez García, R., Álvarez González, C.A., Contreras García, M.J., Macdonal Vera, A., & Rosado, L. C. (2017). Los lípidos en los peces y los aportes benéficos en la salud humana. *Kuxulkab'*, 23(47), 23-30. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a23n47.1515>
- Everts, S., & Davis, J. H. (2000).  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR of multilamellar dispersions of polyunsaturated (22:6) phospholipids. *Biophys. J.*, 79(2), 885-897. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(00\)76344-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(00)76344-2)
- Figuroa López, N., & Brante, A. (2020). Estado actual del conocimiento de las bioinvasiones marinas en Venezuela: Temáticas desarrolladas y tendencia temporal. *Gayana*, 84(1), 1-15. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382020000100001>
- Fonseca-Rodríguez, C., & Chavarría-Solera, F. (2017). Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacífico costarricense. *Uniciencia*, 31, 23-28. <https://doi.org/10.15359/ru.31-1.3>
- Gao, L. (2008). *Determination of quantitative nutritional labeling compositional data of lipids by Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy*. Master Thesis, Department of Food Science and Agricultural Chemistry, Macdonald Campus, McGill University, Montreal, Quebec, Canada.
- Ginés, H., & Pastor, G. (1980). *Algunas consideraciones acerca de la producción y comercialización de productos marinos en Venezuela*. 82-96.
- Gómez Gaspar, A. (2002). Selección de peces marinos para cultivos intensivos en el nororiente de Venezuela. *Bol. Investig. Mar. Costeras*, 31(1), 53-63. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2002.31.0.286>
- Hemre, G.I., Mommsen, T.P., & Kroghdahl, Å. (2002). Carbohydrates in fish nutrition: Effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquacult. Nutr.*, 8(3), 175-194. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00200.x>

- Herawati, T., Yustiati, A., Nurhayati, A., & Mustikawati, R. (2018, April). Proximate composition of several fish from Jatigede Reservoir in Sumedang district, West Java. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 137, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- Izquierdo Córser P., Torres Ferrari, G., Barboza de Martínez, Y., Márquez Salas, E., & Allara Cagnasso, M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 50(2), 187-194.
- Khalili Tilami, S., & Sampels, S. (2018). Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, 26(2), 243-253. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>
- Kumar, J. B. S., & Sharma, B. (2022). A review on neuropharmacological role of erucic acid: an omega-9 fatty acid from edible oils. *Nutritional Neuroscience*, 25(5), 1041-1055. <https://doi.org/10.1080/1028415X.2020.1831262>
- Lordan, R., Redfern, S., Tsoupras, A., & Zabetakis, I. (2020). Inflammation and cardiovascular disease: Are marine phospholipids the answer? *Food Funct.*, 11(4), 2861-2885. <https://doi.org/10.1039/C9FO01742A>
- Miloslavich, P., Klein, E., Yerena, E., & Martin, A. (2003). Marine biodiversity in Venezuela: status and perspectives. *Gayana*, 67(2), 275-301.
- Oluwaniyi, O. O., & Dosumu, O. O. (2009). Preliminary studies on the effect of processing methods on the quality of three commonly consumed marine fishes in Nigeria. *Biokemistry*, 21(1), 1-7.
- Overturf, M., & Dryer, R. (1967). Experiments in the biochemistry of animal lipids. 81-163. En: Kerkut, G. (Ed.). *Experiments in physiology and biochemistry*, Vol 2. Academic Press, New York. 574 p.
- Özden, Ö., Erkan, N., & Ulusoy, Ş. (2010). Determination of mineral composition in three commercial fish species (*Solea solea*, *Mullus surmuletus*, and *Merlangius merlangus*). *Environ. Monit. Assess.*, 170, 353-363. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1238-5>
- Pal, J., Shukla, B.N., Maurya, A.K., Verma, H.O., Pandey, G. & Amitha, A. (2018). A review on role of fish in human nutrition with special emphasis to essential fatty acid. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 427-430.
- Rinninella, E., & Costantini L. (2022). Polyunsaturated Fatty Acids as Prebiotics: Innovation or Confirmation? *Foods*, 11(2), 146. <https://doi.org/10.3390/foods11020146>
- Schverer, M., O'Mahony, S.M., O'Riordan, K.J., Donoso, F., Roy, B.L., Stanton, C., Dinan, T.G., Schellekens, H., & Cryan, J.F. (2020). Dietary phospholipids: Role in cognitive processes across the lifespan. *Neurosci. Biobehav. R.*, 111, 183-193. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.012>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annu. Rev. Food Sci. T.*, 9, 345-381. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-111317-095850>
- Tacon, A.G.J., Lemos, D., & Metian, M. (2020). Fish for health: Improved nutritional quality of cultured fish for human consumption. *Rev. Fish. Sci. Aquac.*, 28(4), 449-458. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1762163>
- Winmer, L., Lemb, R., & Tate, L. (1970). Glycogen changes during metamorphosis of *Phormia regina*. 395-401. En: Kerkut G. (Ed.). *Experiments in physiology and biochemistry*, Vol. 3. Academic Press, New York.

**Autores**

**Haydelba D'Armas.** Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencia, Departamento de Química, Cumaná, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9301-3801>

Email: [hdarmasr@gmail.com](mailto:hdarmasr@gmail.com)

**Alexis Enrique Mendoza Navarro.** Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencia, Departamento de Química, Cumaná, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5670-5657>

Email: [alemen85@gmail.com](mailto:alemen85@gmail.com)

**María Antonieta Ranaudo.** Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Caracas Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8233-3225>

Email: [maria.ranaudo@ciens.ucv.ve](mailto:maria.ranaudo@ciens.ucv.ve)

**Gabriel José Ordaz González.** Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencia, Departamento de Química, Cumaná, Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4472-2596>

Email: [gordaz@udo.edu.ve](mailto:gordaz@udo.edu.ve)

Recibido: 16-03-2023

Aceptado: 21-06-2023

## Evaluación de riesgos ergonómicos en la producción acuícola: un estudio de caso en Machala, Ecuador

*Ergonomic risk assessment in aquaculture production: a case study in Machala,  
Ecuador*

Néstor Enderica Armijos

<https://doi.org/10.54139/riiant.v8i30.483>

**Palabras clave:** ergonomía, productividad, enfermedad ocupacional, riesgo de trabajo, planificación

**Key words:** ergonomics, productivity, occupational disease, work risk, planning

### RESUMEN

Las enfermedades y accidentes laborales ocupan la atención de los investigadores dado su alto índice de ocurrencia y debido al impacto que tienen en la salud y bienestar de los trabajadores, y por ende, en la productividad de las organizaciones. El objetivo de este trabajo es evaluar los riesgos ergonómicos que pueden afectar a la productividad de una empresa dedicada a la producción acuícola. Dado que, en particular, la actividad de alimentación de piscinas es una tarea repetitiva que generará enfermedades ocupacionales a largo plazo, es importante considerar su evaluación a los fines de diseñar estrategias para su prevención. Se usó como metodología, el método OCRA recomendado en la Norma ISO 11228-3. Entre los hallazgos se destacan, los riesgos ergonómicos presentes en la producción acuícola: levantamiento manual de carga, movimiento repetitivo, posturas forzadas, ambiente térmico, otros. Así mismo, en la alimentación de las granjas acuícolas como proceso de la cadena de valor se presente de manera importante los factores de riesgo de repetición (extremidades superiores) debido a que se la realiza de forma manual acorde a la extensión de la piscina.

### ABSTRACT

Occupational diseases and accidents occupy the attention of researchers given their high rate of occurrence and due to the impact, they have on the health and well-being of workers, and therefore, on the productivity of organizations. The objective of this work is to evaluate the ergonomic risks that can affect the productivity of a company dedicated to aquaculture production. Given that, in particular, the activity of feeding swimming pools is a repetitive task that will generate occupational diseases in the long term, it is important to consider its evaluation in order to design strategies for its prevention. The OCRA method recommended in ISO 11228-3 was used as a methodology. Among the findings, the ergonomic risks present in aquaculture production stand out: manual lifting of load, repetitive movement, forced postures, thermal environment, others. Likewise, in the feeding of aquaculture farms as a process of the value chain, the risk factors of repetition (upper extremities) are present in an important way because it is done manually according to the extension of the pool.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con estimaciones de la Organización Internacional de Trabajo - OIT (2023), cada año alrededor de 317 millones de personas en todo el mundo son víctimas de accidentes del trabajo y 2,34 millones de personas mueren debido a accidentes o a enfermedades profesionales; por lo que considera que la prevención es clave para mejorar la salud y seguridad en el trabajo y se ha planteado la importancia de lograr que las estrategias para evitar accidentes y enfermedades laborales sean reforzadas con un diálogo social que involucre a gobiernos y a organizaciones de empleadores y de trabajadores.

Dentro de la evolución de la sociedad industrial en los últimos siglos en América Latina, exige de la ergonomía y de la ingeniería de producción, un esfuerzo conjunto y continuo hacia el suministro de soluciones a través de conceptos, métodos, técnicas y herramientas con el fin de satisfacer las necesidades de las sociedades modernas y de los diferentes ámbitos laborales, en este caso específico es la producción (Gomes, 2014).

La ergonomía se refiere al estudio del diseño de un lugar de trabajo, hábitos de trabajo y flujos de trabajo seguros y productivos para los trabajadores a fin de eliminar los factores de riesgo, incluidos esguinces, torceduras y trastornos traumáticos acumulativos, y para evaluar el nivel de riesgo de las tareas relacionadas con el trabajo (Vijayakumar & Choi, 2022). La ergonomía es una ciencia que examina la interacción humana con los sistemas de

componentes para obtener diseños óptimos relacionados con las posturas de trabajo y el rendimiento general del sistema. La ergonomía también incluye la optimización, la eficiencia, la salud, la seguridad y el confort humano en el trabajo, el hogar y las áreas de recreación (Amri & Putra, 2022).

En general, los objetivos de la ergonomía incluyen: aumentar el bienestar físico y mental para prevenir lesiones y enfermedades relacionadas con el trabajo, reducir la carga de trabajo física y mental y buscar la satisfacción laboral (Amri & Putra, 2022).

Estudios anteriores han utilizado varias herramientas de evaluación de riesgos ergonómicos, como el manejo de herramientas de actividad de la postura (PATH), el sistema de análisis de la postura de trabajo de Ovako (OWAS), la evaluación rápida de todo el cuerpo (REBA) y la evaluación rápida de las extremidades superiores (RULA), etc. .

En Ecuador, la relación laboral tanto pública como privada, está regulada por la Constitución de la República del Ecuador (2008), Ley Orgánica del Servicio Público «LOSEP» (2010), su Reglamento de aplicación (2016); siendo su ente regulador y controlador el Ministerio de Trabajo; en el caso específico de los riesgos laborales, esta se encuentra amparada en el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores (2003).

En la actualidad nadie pone en duda que pueden obtenerse considerables beneficios

para la Salud y Seguridad del Trabajo si se mejoran y se comparten los conocimientos y la experiencia relacionados con el alcance, las causas y la prevención de los daños derivados del trabajo, así como sobre el modo en que puede prestarse un mejor apoyo a la salud y el bienestar de los trabajadores; también se entiende que, si bien existen enormes diferencias en cómo se experimentan los peligros y los riesgos en el lugar de trabajo, también es cierto que los principios de prevención y control de sus efectos nocivos tienen muchos elementos en común (OIT, 2019).

Un sistema de producción no sólo se puede ver afectado por factores internos vinculados al personal, los materiales o la maquinaria, sino que, en muchos casos, se presentan factores externos, que determinan y condicionan el éxito de un sistema determinado; por lo que, la garantía del éxito de una empresa viene dado por un constante análisis y transformación de su sistema de producción, y en especial en el modelo de gestión adoptado (Márquez, 2012).

En cuanto a los riesgos laborales en las actividades piscícolas, Minchola et al. (2013) sostienen, que, lo poco que existe son estudios en el área de animales terrestres, siendo muy escasa la información sobre los riesgos para el piscicultor en el área de peces de agua fría; de allí la necesidad de conocer los riesgos en la salud de los trabajadores en este contexto.

En este sentido, la OIT (2023), plantea importantes desafíos relacionados con salud y seguridad en Latinoamérica con base en las cifras disponibles indican que se registran 11,1 accidentes mortales por cada 100.000 trabajadores en la industria, 10,7 en la agricultura, y 6,9 en el sector de los servicios; donde destacan algunos de los sectores más importantes para las economías de la región, como minería, construcción, agricultura y pesca, figuran también entre aquellos en los cuales se produce la mayor incidencia de accidentes.

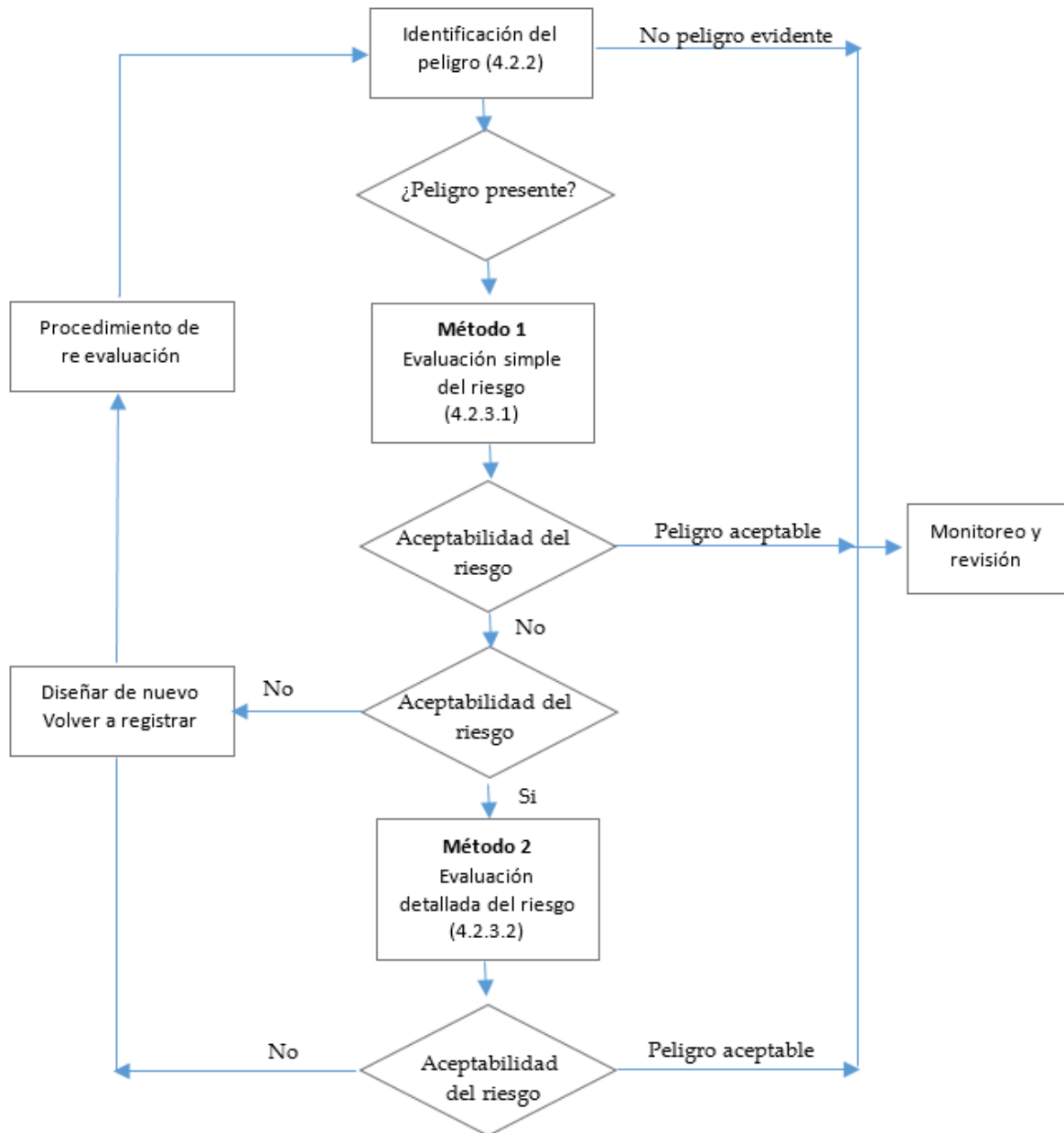
#### **El método OCRA**

El método OCRA (*Occupational Repetitive Action*) desarrollado por Colombini (1998), y recomendado en la Norma ISO 11228-3 (2007), identifica la repetición de tareas, duración, esfuerzo físico, agarre y otros parámetros técnicos; y, es considerado un método reconocido y afianzado por su largo proceso de validación científico-profesional pero cabe señalar que resulta un método complejo por su alto requerimiento de formación específica y por la gran variedad de variables que en él aparecen (Batalla et al., 2015).

#### **Generalidades de los riesgos ergonómicos con repetición según método OCRA**

Estos criterios hacen referencia a la identificación de peligros, estimación del riesgo, la evaluación del riesgo y la reducción del riesgo. El presente estudio, se basa en la manipulación manual de cargas livianas a alta frecuencia. En la figura 1, se diagrama para identificar los riesgos (peligros).

Figura 1. Diagrama de Identificación de Peligros



**Factores de repetición**

Los factores de riesgo con repetición pueden generar lesiones dependiendo del contexto del patrón de movimiento y factores físicos del ser humano.

Mientras el ciclo de movimiento aumenta y/o el tiempo del ciclo disminuye, el riesgo

de lesión se incrementa. Estos factores de riesgo deberían evitarse en cualquier tipo de tarea dentro del trabajo.

**Postura y movimiento**

La postura sentada, limita los movimientos corporales, especialmente desde la

columna lumbar y extremidades inferiores; por lo tanto, se incrementa la carga de trabajo de la columna y extremidades superiores.

En la postura de pie, con frecuencia causa dolor/incomodidad en los miembros inferiores y la columna lumbar. Posturas con movimientos combinados (flexión y rotación) pueden presentar mayor riesgo; como recomendación se debe dar la opción de variar entre sentarse y estar de pie.

#### **Fuerza**

Los ejercicios de fuerza exagerados pueden ser perjudiciales. Las tareas deberían planificarse con fuerzas suaves, evitando movimientos bruscos o repentinos que puedan generar alguna dislocación.

#### **Vibración y fuerzas de impacto**

La exposición de mano/brazo a la vibración, choques o impactos, puede llevar a una desensibilización de la mano e incrementar la fuerza que se necesita para sujetar un objeto o herramienta. La exposición prolongada, se relaciona a afecciones vasculares y neurológicas de las extremidades superiores.

#### **Condiciones ambientales**

La iluminación inapropiada, los ambientes calientes y fríos y de altos niveles de ruido, pueden generar peligros adicionales. Es muy probable que las superficies mojadas o contaminadas, inhiban la capacidad de ejercer fuerzas y aumenten el riesgo de lesionarse.

#### **Organización del trabajo**

La organización del trabajo desempeña un rol importante en la evaluación de riesgo musculo esqueléticos, por ejemplo: la duración de la tarea, duración del trabajo,

tiempo de recuperación física, otros. La rotación, ampliaciones de trabajo, diversificación de tarea, son métodos para estructurar el trabajo, facilitando la variación y la recuperación dentro del período de trabajo.

#### **Factores psicosociales**

La respuesta psicológica al trabajo y las condiciones del lugar de trabajo, tiene un impacto significativo en la salud en general de los trabajadores, particularmente en la salud musculo esquelética. Estos factores incluyen el diseño, la organización y el manejo del trabajo y el ambiente social total. Los procesos relacionados al estrés laboral pueden tener un efecto directo en las respuestas bioquímicas y fisiológicas al momento de realizar las tareas.

Las capacidades individuales como la formación, edad, sexo, condiciones de salud, embarazo, discapacidad física; son características que pueden influir en el desempeño y deberían considerarse en la evaluación del riesgo.

Otros aspectos psicológicos indeseables de un trabajo que contribuyen a un riesgo afecciones musculo esqueléticas son las siguientes:

- Los trabajadores tienen poco no tiene control sobre su trabajo y métodos de trabajo.
- Nivel de atención elevado en la tarea.
- No se dispone del uso completo de las habilidades.
- No participan en la toma de decisiones.
- Tareas repetitivas y/o monótonas.
- El ritmo de trabajo impuesto depende del equipo o máquina.
- Excesiva demanda de trabajo.

-El sistema de pago depende del trabajo a realizarse.

-Las tareas designadas no permiten la integración social.

-No es proporcional el tema salarial con los niveles de esfuerzo repetitivo.

## Metodología

El objetivo del presente trabajo es evaluar las condiciones de trabajo en el área de producción acuícola de en una empresa dedicada a la explotación de criaderos de camarones (camaroneras), y criaderos de larvas de camarón (laboratorios de larvas de camarón), mediante acciones de investigación, identificación, medición y evaluación orientadas al diseño de un plan de prevención de los riesgos ergonómicos, que generen la necesidad de gestionar un programa de control de riesgos ergonómicos. Siguiendo el enfoque de Mera & Gómez (2021), se basa en implementar un plan de prevención de riesgos ergonómicos y enfermedades ocupacionales para trabajadores de empresas productivas acuícolas, a través de la identificación, medición de condiciones laborales; y como resultado recomendar que se realicen programas de educación laboral, a fin de generar una cultura preventiva en la organización.

Asimismo, se consigue determinar las diferentes variables y su peso en el modelo de riesgo ergonómico, para la determinación del nivel de consumo de oxígeno en las áreas de producción; y como resultado en general, la antropometría de los participantes a medida que el nivel físico se incrementa, ya que presentan una

mayor capacidad aeróbica. El consumo de oxígeno está más relacionado con el tiempo, la postura ponderada y el nivel de esfuerzo. Si el tiempo de esta exposición se incrementa, el nivel de oxígeno se incrementa, provocando una mayor cantidad de energía y llegando a la fatiga, lo que aumenta las probabilidades de lesiones ergonómicas (Madriz, 2010).

### Diseño de la investigación

El presente estudio ergonómico es de tipo Pre – Experimental, dado que se manejará la variable independiente, representado por la planificación de medidas preventivas ergonómicas en el área de producción acuícola y, poder determinar el efecto de la variable dependiente representado por la mejora en las condiciones laborales de la Organización. En la ecuación 1, se representa esta relación.

$$A + I + E + P = M \quad (1)$$

Donde:

*A: Condiciones laborales Iniciales.*

*I: Identificación de Factores de Riesgo.*

*E: Evaluación de Riesgos con Metodologías Experimentales.*

*P: Planificación de Medidas Preventivas en el centro de Trabajo.*

*M: Condiciones Labores mejoradas previa implementación de medidas preventivas.*

La información de campo, se obtiene de la empresa camaronera HENG XIN CÍA. LTDA., ubicado en el Recinto El Conchero, Parroquia Tenguel, Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas, País Ecuador. El área de análisis será la de producción acuícola, específicamente en el área de alimentación manual de piscinas. Con este trabajo se pretende mejorar las condiciones laborales del área de criadero y alimentación manual de piscinas de la empresa HENG XIN CÍA. LTDA. Para el estudio se consideraron los seis trabajadores del área de alimentación manual de piscinas de la empresa.

#### ***Criterios de exclusión***

No se consideraron tareas como Carga y Descarga de Alimentos Balanceados (sacos de 25 Kg), porque esta labor se realiza una vez por semana y se realiza con un conjunto de aproximadamente 7 personas de manera rotativa. Tampoco se consideraron

## **Resultados**

Los factores de riesgos ergonómicos, pueden generar a largo plazo repercusiones en la salud de los trabajadores. Para cumplir con el objetivo de la investigación, se hizo una evaluación de la tarea más crítica dentro de la explotación y criadero de camarones, como es la crianza y alimentación manual de piscinas mediante el método de tareas repetitivas OCRA, recomendado en los instrumentos estandarizados ISO 11228-3 (2007).

Durante el levantamiento de información, los trabajadores fueron observados y

actividades de pesca en el traslado de chayo (aro para la pesca), porque esa actividad se realiza cada 15 días según los criterios del Departamento de Producción.

#### ***Criterios de inclusión***

Se tomó como prioritario el análisis de la actividad de alimentación manual de piscinas porque esa actividad se realiza diariamente en gran parte de la jornada diaria por 22 días que dura la jornada laboral.

#### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### ***Técnicas - Análisis Documental***

Se tomó en cuenta la documentación existente en los archivos de la Empresa como estadísticas de permisos médicos, accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales y otros documentos que evidencien gestión en temas ergonómicos.

grabados durante el desempeño de sus actividades, se determinaron la duración del ciclo, la forma postural, según lo indicado en el método OCRA.




Una vez conocidas las tareas repetitivas que los trabajadores del área de producción van a realizar, se procede a contar las acciones técnicas de cada una de las tareas. Para un mejor análisis, resulta necesario grabar previamente la actividad.

Por tal razón, el esfuerzo necesario para realizar la aspersion del balanceado se considera ligero (se asignó según la escala de Borg CR-10). El peso bruto del recogedor + alimento balanceado es aproximadamente 4kg. El agarre del

recogedor es en forma de gancho (la manija está agarrada por toda la mano).

En la tabla 1 se muestra cómo se realiza la actividad.

**Tabla 1.** Descripción Experimental de la Acciones Técnicas

No de Acción	Descripción	Posición Forzada	Movimientos Realizados	Duración (Segundos)
1	Usar del Remo		Flexión del Brazo por encima del Hombro 120°. El codo se extiende para garantizar el empuje de la canoa. Agarre en forma de gancho del remo.	6
2	Llenar el recogedor con alimento balanceado		Flexión del brazo es 45° Flexión del codo para agarrar el recogedor 45° Agarre en forma de gancho del recogedor.	2
3	Esparcir el Balanceado en la Piscina		Flexión de la muñeca para esparcir el balanceado 30° Flexión del Brazo 60° Flexión del Codo 90°	2

### Evaluación rápida

El estudio demuestra, que la alimentación manual de piscinas cumple con los criterios de factores de riesgos ergonómicos, por las tareas repetitivas de las extremidades superiores. Para ello, según la recomendación establecida en la propia norma ISO 11228 – 3, se utiliza el índice OCRA, para evaluar los riesgos ergonómicos y determinar las posibles medidas de control que ayude a disminuir la probabilidad de generar una enfermedad ocupacional.

En referencia a que cada ciclo de trabajo dura aproximadamente 10 segundos y en cada ciclo se realizan 3 acciones técnicas se calcula según la ecuación 2.

$$\text{Frecuencia de Acción} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de acciones}}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia de Acción} &= \frac{3 \text{ acciones} \cdot 6}{10 \text{ seg} \times 6} \\ &= 18 \text{ acciones/min} \end{aligned}$$

### Factor de frecuencia

La frecuencia con la que se realizan movimientos repetitivos influye en el riesgo que suponen sobre la salud del trabajador. Así pues, un mayor número de acciones por unidad de tiempo, o un menor tiempo para realizar un número determinado de acciones, supone un incremento del riesgo.

Para determinar el valor del Factor Frecuencia es necesario identificar el tipo de las acciones técnicas realizadas en el puesto. Se distinguen dos tipos de acciones técnicas: estáticas y dinámicas. Las acciones técnicas dinámicas se caracterizan por ser breves y repetidas (sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos actuantes de corta duración). Las acciones técnicas estáticas se caracterizan por tener una mayor duración (contracción de los músculos continua y mantenida 5 segundos o más). Deberán analizarse por separado los dos tipos de acción técnicas. Además, se analizarán por separado las acciones realizadas por ambos brazos, debiendo realizar una evaluación diferente para cada brazo si es necesario (Diego-Mas, 2015).

De acuerdo con la estimación del factor de frecuencia, tomando en cuenta que, Los movimientos de los brazos son lentos (20 acciones / minuto), y, se permiten pequeñas pausas frecuentes, se respira un FFR=0.

Tal como se señala en la NTP 629: (2003), existen muchos y variados métodos de evaluación de movimientos repetitivos que se pueden aplicar para detectar, evaluar y controlar los factores de riesgo que pueden originar trastornos músculo-esqueléticos derivados de la exposición a tareas repetitivas; dichos métodos son las "herramientas" más idóneas para detectar y corregir la repetitividad en muchos puestos

de trabajo de diversas y variadas industrias, aspecto que suele estar infravalorado en la gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, y que sin embargo origina una gran morbilidad entre las personas expuestas.

Con respecto al método OCRA, en las guías de buenas prácticas NTP (2003), se señala que está diseñado y ofrece resultados más fiables para tareas con movimientos repetitivos del conjunto mano-muñeca-

brazo con tiempos de ciclo de trabajo cortos, que para tareas con posturas estáticas o prolongadas (en el tiempo) de los miembros superiores; y agrega que, dicho método es asequible y de fácil cumplimentación y empleo, si bien es cierto que en futuras investigaciones se deberá reafirmar la fiabilidad ya demostrada con respecto a otros métodos de similares características.

## CONCLUSIONES

Los riesgos ergonómicos presentes en la producción acuícola son: levantamiento manual de carga, movimiento repetitivo, posturas forzadas, ambiente térmico, otros. En la alimentación de las granjas acuícolas como proceso de la cadena de valor se presente de manera importante los factores de riesgo de repetición (extremidades superiores) debido a que se la realiza de forma manual acorde a la extensión de la piscina.

Los riesgos ergonómicos con repetición identificados se evaluaron de acuerdo con la Norma ISO 11228 – 3.

Los programas de medidas preventivas incluyen la incorporación de la tecnología en los procesos (alimentadores automáticos), garantizando así la prevención de otros factores de riesgos (mecánicos, físicos, otros) y la eliminación del factor de riesgo de repetición motivo del presente estudio.

## REFERENCIAS

Amri, A. & Putra, B. (2022). Ergonomic risk analysis of musculoskeletal disorders (MSDs) using ROSA and REBA methods on administrative employees faculty of science. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 4(1), 104-110. <https://journal.yrpiipku.com/index.php/jaets/article/view/954/626>

Batalla, C.; Bautista, J. & Alfaro, R. (2015). *Ergonomía y evaluación del riesgo ergonómico. Documento científico-técnico 20150117*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26070/OPE\\_Ergo\\_metodos.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26070/OPE_Ergo_metodos.pdf)

Colombini, D. (1998). An observational method for classifying exposure to repetitive

- movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41 (9), 1261-1289. <https://doi.org/10.1080/001401398186306>
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial 449 de 20-oct-2008. Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2007-2008.
- Diego-Mas, J. (2015). Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocra. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Gomes, J. O. (2014). El papel de la ergonomía en el cambio de las condiciones de trabajo: perspectivas en América Latina. *Ciencias de la Salud*, 12, 5-8. <https://doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.01> <https://doi.org/10.3390/ijerph192316120>
- Ley Orgánica del Servicio Público «LOSEP» (2022). Asamblea Nacional del Ecuador. Última Reforma: Edición Constitucional del Registro Oficial 26, 05-04-2022. Quito: Registro Oficial.
- Madriz, C. (2010). Análisis de la herramienta de medición del riesgo ergonómico en la agricultura. *Tecnología en Marcha*, 3(5), 4-17. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/53/52](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/53/52)
- Márquez, M. (2012). Los sistema de producción y la ergonomía: reflexiones para el debate. *Ingeniería Industrial*, 3(9), 49-60. <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/volIII-n9/art4.pdf>
- Mera, F., & Gomez, J. (2021). Detección de riesgos ergonómicos a través de su identificación y medición en la empresa Manufacturas Americanas. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 936-953. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1711>
- Minchola, J.; Gonzáles, F. & Terán, J. (2013). Riesgos ergonómicos en la salud de los trabajadores de un centro piscícola. *Scientia Agropecuaria*, 4(4), 303-311. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.04.04>
- Norma ISO 11228-3 (2007). *Ergonomía. Manipulación manual. Parte 3: Manipulación de cargas livianas a alta frecuencia*. Ginebra: ISO.
- NTP 629 (2003). *Movimientos repetitivos: métodos de evaluación. Método OCRA: actualización*. España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. [https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp\\_629.pdf/97e8ab91-1259-451e-adfe-f1db2af134ad](https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_629.pdf/97e8ab91-1259-451e-adfe-f1db2af134ad)
- OIT (2023). *Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe*. <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.htm>
- Organización Internacional del Trabajo - OIT (2019). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo. Aprovechar 100 años de experiencia*. Ginebra: OIT. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms\\_686762.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_686762.pdf)
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores (2003). Decreto Ejecutivo 2393. Registro Oficial 565 de 17-nov.-1986. Última modificación: 21-feb.-2003.
- Reglamento General a la Ley Orgánica del Servicio Público (2016). Decreto Ejecutivo 710. Registro Oficial Suplemento 418 de 01-abr.-2011. Última modificación: 25-ene.-2016.
- Vijayakumar, R. & Choi, J. (2022). Emerging Trends of Ergonomic Risk Assessment in Construction Safety Management: A Scientometric Visualization Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 16120.

### **Autores**

**Néstor Antonio Enderica Armijos.** Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Peru.

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0004-4949-8679>

**Email:** [nestorenderica@gmail.com](mailto:nestorenderica@gmail.com)

**Recibido:** 21-03-2022

**Aceptado:** 30-05-2023

## Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias

## Normas para Publicación

La Revista "Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias" tiene como objetivo divulgar resultados de investigaciones en las áreas de ingeniería de métodos, ergonomía, productividad y calidad, investigación de operaciones, sistemas de producción e inventarios, logística, cadenas de suministro, simulación, estadística aplicada, y en general aquellos temas en los cuales la Ingeniería Industrial converge con otras ciencias.

La Revista acepta trabajos que puedan ser incluidos en las siguientes secciones: Artículos de Investigación, Artículos de Divulgación (de interés general), Información y/o Resumen de Eventos Académicos relacionados con la Ingeniería Industrial y Reseñas Bibliográficas, Notas Técnicas o Estados del Arte, relacionados con Ingeniería Industrial.

Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español, inglés o portugués, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Si el trabajo se presentó en algún evento científico o similar, se deben suministrar los detalles correspondientes (nombre completo, fecha, lugar, institución organizadora).

**Aspectos Formales**

**-Título:** breve y claro

**-Datos del Autor o Autores:** presentar los nombres completos de los autores y su afiliación institucional, agregando al artículo una página *aparte* que contenga: títulos, autor(es), correo(s) electrónico(s), institución de procedencia, ciudad, una breve reseña curricular de cada uno de los autores que no exceda las 50 palabras e incluir el resumen del trabajo, indicando la sección en la que propone su publicación. Los autores deben presentar su ORCID ("Open Researcher and Contributor ID", <https://orcid.org/>).

**-Redacción adecuada.** Escrito en Mayúsculas y minúsculas, según reglas gramaticales y en tercera persona.

**-Ortografía.** No presentar faltas de ortografía. Cuidar la acentuación y puntuación.

**Especificaciones del Formato**

**-Tamaño del papel y márgenes:** carta, márgenes superior e inferior 2,5 cm., izquierdo y derecho 3 cm.

**-Tipo de letra Times New Roman,** tamaño 12, justificado, un espaciado (6 puntos) entre párrafos, sin sangría e interlineado doble.

**-Extensión:** no menor de diez ni mayor de 30 páginas.

**-Ilustraciones:** el artículo puede contener cualquier tipo de ilustración (fotografía, dibujo, gráfico, cuadro o tabla, y deberá llevar su debida identificación y referencia previa. Las fotos deben contener pie de foto explicativo, y cualquier tipo de imagen debe ser de alta calidad en formatos TIFF o JPG. Los dibujos o esquemas deben ser en original, y ser incrustados como imágenes no editables dentro del texto (evitar imágenes producidas por la agregación de múltiples objetos).

**Estructura del Contenido****Artículos de Investigación**

**Resumen en español (o portugués) e inglés (Abstract):** debe contener los aspectos básicos del artículo: planteamiento del problema, metodología usada y breve reseña de los resultados. El número de palabras no debe exceder de 250.

a. **Introducción:** señalar en qué consiste el trabajo completo, su objetivo, antecedentes, estado actual del problema e hipótesis del estudio.

b. **Metodología:** describir en forma precisa el procedimiento realizado para comprobar la hipótesis y los recursos empleados en ello.

c. **Resultados:** expresar el producto del trabajo con claridad; se pueden presentar también datos de medición o cuantificación.

d. **Discusión:** interpretar los resultados de acuerdo con estudios similares, enunciar ventajas del estudio, sus aportaciones, evitando adjetivos que elogien los resultados.

e. **Conclusiones:** precisar qué resultados se obtuvieron y si permitieron verificar la hipótesis, plantear perspectivas del estudio, la aplicación de los resultados.

f. **Referencias bibliográficas:** enlistar en orden alfabético las principales fuentes bibliográficas consultadas y citadas, siguiendo las normas de la APA vigentes. Cuanto sea aplicable, debe incluir el DOI (*Digital Object Identifier*).

### Artículos de Divulgación

Corresponde a artículos de temas relevantes de ciencia, tecnología, entre otros, que van dirigidos al público profesional y académico, por lo que deben ser escritos en lenguaje claro y accesible. La presentación del contenido dependerá de la naturaleza del tema, sin embargo, se recomienda la estructura general del artículo de investigación. Se establece hasta un máximo de tres autores para artículos de revisión documental, en general para aquellos que no contemplen investigación experimental o análisis de datos cuantitativos.

En general, las normas de redacción, presentación de tablas y gráficos, uso de citas de cualquier tipo, señalamientos de autores, referencias bibliográficas y electrónicas y otros aspectos editoriales deben ajustarse a las Normas de la “*American Psychological Association*” (APA). Como orientación para los autores en la presentación de las referencias bibliográficas, a continuación, se presentan los casos más usados:

#### Libro:

Gutiérrez, H. (2020). *Calidad Total y Productividad, quinta edición*. McGraw-Hill Interamericana de España.

#### Revista (Publicaciones periódicas):

Lima, L. & Tinoco, M. (2022). Avaliação da percepção de valor do cliente de jornais digitais: estudo de caso de uma empresa jornalística na região sul do Brasil. *Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*, 8(28), 27–52. <https://doi.org/10.54139/riiant.v8i28.377>

### Instrucciones de Envío

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. **No se aceptarán trabajos que no cumplan con las normas establecidas en este documento.** Deben enviarse tres (3) ejemplares del trabajo a la siguiente dirección: Comité Editorial de la Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*”, Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Avenida Universidad, Naguanagua, Estado Carabobo, Venezuela; Código Postal 2005. Teléfono: (58)-424-4194096

De los tres (3) ejemplares, dos (2) deben venir sin identificación para ser asignados al Comité de Arbitraje de la Revista. El trabajo debe enviarse grabado en un (1) CD. También, se aceptarán trabajos a través de la siguiente dirección electrónica: [revistaiaynt@gmail.com](mailto:revistaiaynt@gmail.com), con copia a [revistaiaynt@uc.edu.ve](mailto:revistaiaynt@uc.edu.ve).

### Sistema de arbitraje

Todos los trabajos a publicarse se someterán a un proceso de evaluación anónima (revisión ciega) por parte de especialistas (revisión por pares), donde participan evaluadores externos. Antes de enviar el trabajo (sin identificación) al Comité Científico para el proceso de arbitraje, el Comité Editorial revisa el cumplimiento de los requisitos de forma y el ajuste a los objetivos de la Revista, por lo que podrá realizar correcciones gramaticales y modificaciones literarias, que no alteren el sentido sin consultar con el autor.

De acuerdo con el formato establecido, el Comité Científico podrá dictaminar si el trabajo es: Publicado sin correcciones, Publicado después de correcciones, Publicado después de corregir extensivamente y No publicar. Una vez realizado el arbitraje por parte del Comité Científico, el Comité Editorial recopila los resultados y los envía a los autores. Cualquier controversia en el dictamen será resuelta por el Comité Editorial.

### Generalidades

Los contenidos de los trabajos que aparecen en la Revista “*Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*” son de la entera responsabilidad de sus autores. De ser aceptado el trabajo, el autor principal recibirá tres (03) y los co-autores dos (02) ejemplares del número de la Revista en la cual haya sido publicado su trabajo; o, la versión digital vía correo electrónico.

Los artículos publicados en la Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” son de su propiedad, por lo que se reserva los derechos de distribución de los contenidos. Podrán ser reproducidos con autorización escrita del Editor.

La Revista “*Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias*” es de distribución gratuita. Para su canje contactar al Comité Editorial [revistaiaynt@gmail.com](mailto:revistaiaynt@gmail.com), <[revistaiaynt@uc.edu.ve](mailto:revistaiaynt@uc.edu.ve)>.

Comité Editorial  
Junio, 2023

### Editorial

#### Artículos de investigación

- **Modelo para la selección de lanzadores de béisbol empleando el Proceso Analítico Jerárquico a través de la evaluación de su desempeño integral** 7-22

*Model for the selection of baseball pitchers using the Hierarchical Analytical Process through the evaluation of their integral performance*

Pedro Teppa-Garran, Carlos Fernández-Da Costa

- **Propuesta de integración de la ISO/IEC 17025 e ISO 9001 en los laboratorios de la Universidad de Boyacá** 23-42

*Proposal for the integration of ISO/IEC 17025 and ISO 9001 in the laboratories of the University of Boyacá*

Johana Eraso Insuasty, Edna Cipagauta Esquivel, Laura Wilches Torres

- **Análisis de criticidad para el mantenimiento en equipos de soldadura en una Universidad Mexicana** 43-60

*Criticality analysis for maintenance in welding equipment at a Mexican University*

Jesús Vicente González Sosa, Enrique Ávila Soler

- **Improvements in business processes aligned to the customer experience: case study in a book subscription club** 61-82

*Mejoras en los procesos de negocio alineados a la experiencia del cliente: caso de estudio en un club de suscripción de libros*

Mariana Chagas Pegoraro, Maria Cannarozzo Tinoco, Georgia Schlabitz Vanin

#### Artículos de divulgación

- **Composición proximal del tejido muscular de seis peces comestibles recolectados en las costas nororientales de Venezuela** 85-96

*Proximate composition of the muscular tissue of six edible fish collected from north-west coastal of Venezuela*

Haydelba D'Armas, Alexis Mendoza, María Ranaudo, Gabriel Ordaz

- **Evaluación de riesgos ergonómicos en la producción acuícola: un estudio de caso en Machala, Ecuador** 97-108

*Ergonomic risk assessment in aquaculture production: a case study in Machala, Ecuador*

Néstor Enderica Armijos

#### Normas para publicación

109-110