



ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Volumen 13 No. 1
Año 2023



Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado

FACULTAD DE INGENIERÍA

ISBN 2518-3893

La Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería publica investigaciones originales de los diferentes campos de la ingeniería. Constituye una publicación en formato digital en la plataforma institucional Repositorio USAC, en línea y anual en formato impreso.

<p>REEP Año 13 Nº 1 2022 - 2023</p>	<p>AUTORES: Escuela de Estudios de Postgrado EEP (Facultad de Ingeniería USAC).</p> <p>TITULO: Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado, FIUSAC.</p> <p>IMP / ED.: Guatemala: Escuela de Estudios de Postgrado, USAC, 2023</p> <p>IDIOMA: Esp.</p> <p>DESCRIPCION: #p .; il. 27 cm.</p> <p>EJEMPLARES: 2023: Año 13, Nº 1 (publicación anual)</p> <p>ISSN: 2518-4725.</p> <p>TEMAS: Ingeniería - Revistas.</p>

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. José Francisco Gómez Rivera, DECANO a.i.

Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez, SECRETARIO ACADÉMICO

JUNTA DIRECTIVA

Ing. José Francisco Gómez Rivera, DECANO a.i.

Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez, SECRETARIO ACADÉMICO.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez, VOCAL II.

Ing. José Milton de León Bran, VOCAL III.

Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente, VOCAL IV.

Ing. Fernando José Paz González, VOCAL V.

DIRECTORIO

Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado, Vol. 13 No. 1
Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala,
Edificio S11, Primer nivel, Ciudad Universitaria, zona 12.

CONSEJO EDITORIAL

Mtra. Inga. Aurelia Anabela Estrada Cordova Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.
Julio-Diciembre 2023

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.
Enero-Junio 2023

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes. Editora. Profesora de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

Dr. José Luis Argueta Mayorga. Profesor de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez. Profesor de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

Mtra. Hilda Palma Ramos. Profesora de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco. Profesor de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

Dr. Alfredo Salvador Gálvez Sinibaldi. Profesor de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. USAC.

COMITÉ CIENTÍFICO

Mtra. Anabelle Castro Castro. Instituto Tecnológico de Costa Rica
anabellecc@gmail.com

Mtro. Francisco Alarcón Ahumada. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
francisco.aahumada@gmail.com

Mtro. Esteban Ballesterio Alfaro. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
eballesterio@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Dennis Salvador Argueta Mayorga. Facultad de Ingeniería. USAC.
arguetadennis@gmail.com

Mtro. Walter Arnoldo Bardales Espinoza. Facultad de Ingeniería. USAC.
bardaleswa@gmail.com

Mtro. José Daniel Juárez Morales. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. UCA.
jjuares@uca.edu.sv

Mtra. Iris Roxana Palacios de Velásquez. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. UCA.
ipalacios@uca.edu.sv

Mtro. Daniel Augusto Sosa González. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. UCA.
dasosa@gmail.com

Dra. Magdalena Waleska Aldana Segura. Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media. USAC.
waldanasegura@gmail.com

Dr. Miguel Ángel Chacón Véliz. Facultad de Arquitectura. USAC
miguel.chacon@farusac.edu.gt

COORDINACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada. **Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Julio-Diciembre 2023**

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí. **Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Enero-Junio 2023.**

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes. **Editora.**

Ing. René Oswaldo Monge López. **Asistente de Dirección.**

Lic. Oscar Armando López Morales. **Diseño y Diagramación.**

Mtra. Hilda Myriam Méndez Castillo de Avila. **Revisión Lingüística**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Universidad de San Carlos de Guatemala

MISIÓN

Formar profesionales de la ingeniería con valores éticos, capaces de generar y adaptarse a los cambios del entorno, conscientes de la realidad nacional y comprometidos con la sociedad, para que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología apropiada, contribuyan al bien común y desarrollo sostenible del país y la región.

VISIÓN

Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formando profesionales emprendedores en distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

MISIÓN

Formar maestros de la ingeniería para que sean competitivos y fomenten el desarrollo del país, a través de su emprendimiento de forma ética y responsable con la realidad nacional.

VISIÓN

Ser innovadores en la formación profesional a nivel de postgrado, con liderazgo y sólidos conocimientos de la ciencia y la tecnología, sin olvidar a la sociedad que demanda la excelencia académica.

Editorial

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tiene como una de sus principales fortalezas un énfasis centrado en la innovación y la resolución de diversas situaciones problemáticas con base en la aplicación de la ciencia y la tecnología, lo cual es coherente con la orientación de sus carreras de grado y postgrado.

Dichas fortalezas, combinada con la riqueza del capital humano con que cuenta para la docencia, la investigación, la extensión y la administración, permitió enfrentar con éxito las limitantes impuestas por la pandemia por Covid 19, tanto a nivel local como a nivel mundial.

Además de que las actividades esenciales continuaron sin interrupción, se desarrollaron aprendizajes institucionales y se lograron desarrollos tecnológicos que permiten replantear opciones educativas e investigativas de calidad y adaptables a distintos escenarios emergentes en la nueva normabilidad.

De gran importancia se considera el trabajo investigativo realizado en diferentes instancias de la unidad académica, y en particular, la que se publica en la Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado en la edición correspondiente al año 2023. Los resultados que se divulgan en los diferentes artículos contribuyen a la generación de conocimientos y a proponer soluciones a diferentes problemas del campo profesional de los programas que se ofrecen para la formación postgraduada.

El estudio de movilidad durante el periodo anterior a la pandemia y su comparación con las características durante la pandemia, aportan referentes sobre la movilidad sustentable a la que puede aspirar la comunidad universitaria y en general los ciudadanos. Esta temática tiene estrecha relación con la delimitación de un área metropolitana de ciudades que se expanden de forma difusa, superando los límites administrativos y con incidencia en el cambio de patrones de movilidad.

También durante la pandemia, se gestó la necesidad de pensar en modelos flexibles de soporte tecnológico para impulsar los procesos formativos en postgrado en el marco de la educación 4.0, con propósito de posicionar a la unidad académica a la vanguardia de la educación universitaria.

Otra riqueza institucional es la capacidad de aplicar modelos estadísticos y matemáticos para la descripción, explicación y pronóstico del comportamiento de diferentes fenómenos; esto se refleja en los artículos de aplicación que se presentan. La proyección hacia la sociedad se refleja en las soluciones propuestas con base en la investigación que se realiza para la gestión industrial en diferentes empresas e instituciones.

Con la certeza de la riqueza y calidad de los aportes de los artículos que se publican, se reitera el compromiso institucional de continuar con el impulso a la superación académica de Facultad de Ingeniería.

Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.
Facultad de Ingeniería

TABLA DE CONTENIDOS

Prefacio	15
Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada	
MODELACIÓN MATEMÁTICA	
Modelación de la dinámica de movilidad en entornos próximos antes y durante la pandemia COVID-19	17
Dr. José Luis Argueta Mayorga, Dra. Mayra Virginia Castillo Montes, Mtro. Walter Arnoldo Bardales Espinoza, Lic. William Adolfo Polanco Anzueto, Br. Eugenio Miguel Polanco Sotoj	
DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN	
Dimensiones que influyen en la educación virtual a nivel de postgrado desde la perspectiva de la educación 4.0	29
Mtro. Hugo Humberto Rivera Pérez, Dra. Mayra Virginia Castillo Montes	
Delimitación de áreas metropolitanas: revisión de tendencias, enfoques y oportunidades investigativas	37
Mtra. Mayra Virginia Carvajal Castillo, Dr. José Luis Argueta Mayorga	
ESTADÍSTICA APLICADA	
Aplicación de series temporales para la detección de patrones y proyección de tiempos perdidos en la fabricación de azúcar	47
Mtro. Angel Oseas Ajcabul Raxhón, Mtro. Byron de Jesús López Maldonado	
Modelo de serie temporal para el pronóstico de ventas en una cadena de restaurantes para la correcta toma de decisiones operativas y estratégicas	53
Mtro. Sergio Eduardo Segura Cordero, Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco	
Curvas de frecuencia para la evaluación del desempeño y la aplicación de la metodología de 9 cajas en la mejora de la administración de talento en una institución semiautónoma	59
Mtra. María del Carmen Muñoz Pineda, Mtra. Mayra Virginia Carvajal Castillo	
Modelado de respuestas ordinales longitudinales mediante ecuaciones de estimación generalizadas y modelos lineales de efectos mixtos: aplicación al estudio de la evolución del dolor	65
Mtro. Jaime Andre Chocó Cedillos, Msc. Randal Manuel Lou Meda	

GESTIÓN INDUSTRIAL

Evaluación de indicadores de la gestión académica y administrativa del Programa Académico Preparatorio de la Facultad de Ingeniería, para la mejora continua	71
Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada, Dra. Mayra Virginia Castillo Montes	
Administración de riesgos en una línea de producción de lámina galvanizada en un proceso continuo por inmersión en caliente	75
Mtro. Pride Tolentino Alvizures Valle, Mtro. William Abel Xicar Cuyuch	
Mejora de calidad y rendimiento de cultivos aplicando tecnologías de IOT para el monitoreo remoto de pH en agua de solución de nutrientes en un sistema hidropónico	81
Mtro. José Alejandro Pablo, Mtro. Jaime Eduardo Mercar Chonay	
Selección y reclutamiento de personal con base en competencias laborales para el área de sublimación de una empresa	87
Mtro. Hansel Gary Franco López, Mtro. Hengelber Yohane Palencia Agustín	
Aplicación de la metodología 5s para sistematizar la formulación de productos en un laboratorio cosmético	91
Mtra. Diana Carolina Lizama Marin, Dr. José Antonio Rosal Chicas	
Evaluación del desempeño administrativo con base en el método Balanced Scorecard	97
Mtro. René Oswaldo Monge López, Dra. Mayra Virginia Castillo Montes	
Instrucciones para autores	102

PREFACIO

Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Mtra. en Gestión Industrial

Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería

ingaana47@gmail.com

La compleja relación entre la investigación y la formación postgraduada es un tema abierto a la reflexión y debate, para el que por una parte se afirma que los programas de postgrado constituyen el escenario idóneo para la promoción y desarrollo de la investigación, mientras que desde otra perspectiva se cuestiona la existencia de condiciones y posibilidades reales de generar y aplicar conocimientos en el marco de procesos investigativos, en particular en los contextos en que los estudiantes combinan la actividad laboral con el estudio de un postgrado.

En estrecha vinculación con lo anterior, se debate la importancia de la publicación de resultados de investigación como un indicador relevante de la calidad de los postgrados, que agrega nuevos retos a los enfoques formativos que se definen e impulsan especialmente a nivel de maestrías y doctorados.

En este contexto, la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fomenta el fortalecimiento de la investigación en los diferentes programas que incluye en su oferta académica, requiriendo un artículo derivado de la tesis o trabajo de graduación, para su evaluación y posterior publicación en la revista que se impulsa como órgano de divulgación de los resultados de los estudios que se realizan. La edición correspondiente al año 2023 ofrece a la comunidad de investigadores, docentes y profesionales en formación, artículos de interés en diversos campos del saber estructurados en secciones. La primera corresponde a Modelación Matemática, centrada en el estudio comparativo del índice de movilidad sustentable en entornos próximos, en el periodo anterior a la pandemia y durante su impacto.

En la sección correspondiente al Doctorado en Investigación se publican dos ensayos de revisión de literatura planteados en el énfasis de Tecnología y en el énfasis de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Ambos se generan como producto del proceso formativo para fundamentar temas de investigación doctoral. Como resultado de la formación a nivel de maestría, se presentan dos secciones: la primera corresponde al programa de Estadística Aplicada y la segunda, al de Gestión Industrial. Los estudios que sirven de base para la redacción de los artículos son de carácter aplicado y se orientan a resolver diversidad de problemas específicos del campo profesional de dichas maestrías.

Se agradece los aportes de los autores cuyos artículos se publican y se expresa la valoración del trabajo realizados por los integrantes del Consejo Editorial, del Comité Editorial y del Comité Científico de la revista; también se agradece el apoyo del personal que colaboró con la edición del presente número.

MODELACIÓN DE LA DINÁMICA DE MOVILIDAD EN ENTORNOS PRÓXIMOS ANTES Y DURANTE LA PANDEMIA COVID-19

Modeling of mobility dynamics in nearby environments before and during the COVID-19 pandemic

José Luis Argueta Mayorga

Dr. en Ciudad, Territorio y Sostenibilidad
jlam.argueta@gmail.com

Mayra Virginia Castillo Montes

Dra. en Educación
mayracastillom@yahoo.com

Walter Arnoldo Bardales Espinoza

Mtro. en Recursos Hidráulicos
bardaleswa@gmail.com

William Adolfo Polanco Anzueto

Lic. en Matemática Aplicada
william.polanco.gt@gmail.com

Eugenio Miguel Polanco Sotoj

Estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
eugenio.polanco.ing@gmail.com

Recibido: 30 de noviembre de 2022. | Revisado: 16 de marzo de 2023. | Aprobado: 26 de julio de 2023.

RESUMEN

La pandemia COVID-19 marcó en la humanidad un escenario a considerar para futuras crisis en diferentes entornos urbanos. Uno de los fenómenos con mayor transformación es la movilidad de las personas y dicho fenómeno ha sido escasamente estudiado, principalmente en un marco de proximidad y desde la perspectiva de la sustentabilidad. Por ello, se estudia el comportamiento de la movilidad en dos períodos: antes y durante la pandemia COVID-19 en la población universitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se determina que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa debido a diferentes características o contextos de la población: rango de edad, sexo, zona geográfica de residencia, ocupación, hábitos de movilidad, entre otras.

PALABRAS CLAVE

Movilidad, proximidad, modelación, pandemia COVID 19.

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic marked a scenario for humanity to consider for future crises in different urban environments. One of the phenomena with the greatest transformation is the mobility of people and this phenomenon has been barely studied, mainly in a proximity framework and from the perspective of sustainability. For this reason, the behavior of mobility is studied in two periods: before and during the COVID-19 pandemic in the university population of the Faculty of Engineering of the University of San Carlos of Guatemala. It is determined that before the pandemic the population had a lower sustainable rate of mobility in their immediate surroundings; which is contrasted with what happens in the pandemic, since the sustainability indicator in nearby environments increases due to different characteristics or contexts of the population: age range, sex, geographical area of residence, occupation, mobility habits, among other.

KEYWORDS

Mobility, proximity, modeling, COVID-19 pandemic.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se justifica ante la necesidad de profundizar en el conocimiento y explicación de las dinámicas de movilidad de proximidad en dos períodos de análisis: antes y durante la pandemia por COVID-19, tomando como caso de estudio la comunidad de la Facultad de Ingeniería, USAC, conformada por profesores, estudiantes y personal administrativo.

La pandemia, la crisis, la sustentabilidad y la movilidad tienen una alta relación que se evidencia en la importancia dada a la discusión sobre la distancia de los desplazamientos, particularmente orientada a reducir las distancias de los recorridos para una mayor comunicación, reducción del tiempo de desplazamiento y a inicios de la pandemia, considerando las prácticas restrictivas impuestas a la movilidad y al transporte como medidas de contención y prevención de contagios.

En la etapa previa a la pandemia por COVID 19, el enfoque de discusión de la movilidad se centra en evidenciar que el vehículo motorizado ha sido uno de los grandes contaminadores en el mundo y además, ha perjudicado la salud de la población.

En las nuevas tendencias de investigación se establece que la movilidad depende de factores socioeconómicos y culturales que influyen en el entorno y ambiente construido, por lo que se discute cómo la pandemia por COVID-19 brinda oportunidades de planificar una nueva normalidad y hacer un espacio social más habitable y sustentable (Herrero, Tapia, Prieto, Vaquero, & Sánchez, 2020). Es decir, se propone que se aproveche la crisis como posibilidad de un cambio (Díez, 2020) para plantear una ciudad con dinámicas de movilidad más sostenibles y humanas, donde deben prevalecer los lugares próximos frente a la excesiva dependencia de la motorización originada por largas distancias de desplazamiento (Mardones-Fernández, Luque-Valdivia, & Aseguinolaza-Braga, 2020; Guerrero, Winfield, & Martí, 2021).

Los expertos en movilidad se preocupan por la posibilidad de regresar hacia hábitos viejos (Corwin, Zarif, Berdichevskiy, & Pankratz, 2020), entre los que se encuentran: la congestión vehicular y reducción de la calidad de aire, la reticencia o imposibilidad de realizar viajes cortos, renuencia a cambios culturales en los motivos no esenciales de los viajes y enfoques poco prioritarios para los tomadores de decisiones, gobernantes e iniciativa privada.

Como fundamento de este estudio, la movilidad se define a partir de la consideración de cada actor social y su interrelación con el espacio físico, que incluyen elementos como objetos geográficos, artificiales o naturales y sociales (Argueta, 2017).

Se apuesta, en primer lugar, a un cambio de paradigma en la definición de la movilidad que conlleve la dinámica de sostenibilidad que se enfoca en parámetros económicos, ecológicos, poblacionales e institucionales (Spickermann, Grienitz, & Von Der Gracht, 2014).

Se acepta la vinculación entre los entornos compactos y la proximidad (áreas de trabajo cercanos, comercios cercanos, colegios y escuelas cercanas, servicios indispensables cercanos, entre otros), lo cual incrementaría al máximo los destinos potenciales (Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013).

Además, en las épocas anterior y durante la pandemia COVID-19, algunos autores (Barbarossa, 2020; Herrero et al., 2020; Mardones-Fernández et al., 2020) coinciden en señalar la actualidad de priorizar la movilidad activa: movilidad peatonal y bicicleta.

La movilidad en entornos próximos o de proximidad se entiende como aquellos viajes que pueden realizarse a pie y tienen una duración continua de un máximo de 10 minutos y en ocasiones se asocia con la distancia lineal de 650 metros (Marquet & Miralles-Guasch, 2014).



Figura 1. La proximidad como tendencia en la era pre y durante pandemia COVID-19

Fuente: elaboración propia.

Con base en lo anterior, el presente estudio se enfoca en contribuir en la discusión con relación al territorio y la sustentabilidad a partir de la modelación de la dinámica de la movilidad peatonal y la proximidad en los periodos anterior y durante la pandemia por COVID-19, como punto de partida para visualizar escenarios futuros para el desarrollo de ciudades sostenibles y resilientes (Martin & Bergmann, 2020; Mendolia, Stavrunova, & Yerokhin, 2021).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio es de tipo cuantitativo con base en la recolección de datos por medio de una encuesta aplicada en 2022 que brinda dos ópticas de análisis, la primera que está asociada a la movilidad antes de la pandemia y la segunda, cuando se determina el escenario y la dinámica de movilidad durante la pandemia por COVID-19. El alcance es explicativo-comparativo de la dinámica de movilidad en entornos próximos a partir de variables medibles en el tiempo, para la comparación de dos escenarios establecidos. En ese sentido, la movilidad de proximidad depende en buena medida de los parámetros o escalas de análisis de medición de cada una de las variables, lo que brinda un enfoque del índice de movilidad próxima, para explicar por medio de la modelación matemática, la dinámica de la movilidad en dos escenarios.

La metodología tradicional de análisis de la movilidad tiene un carácter eminentemente técnico, limitándose a cuantificar los desplazamientos. Dicha metodología parte del supuesto de que la movilidad es un “dato” que surge del desarrollo natural de la sociedad y que, por lo tanto, no debe ser discutida. Con ello se inhibe el análisis social y político de la movilidad para conocer quiénes se desplazan y cómo, cuáles son las consecuencias para las personas y cómo son distribuidos los costos y los beneficios (Amézquita, Durán y Fajardo, 2016).

En este estudio se definen tres marcos muestrales: población de estudiantes (13,706), población de docentes (825) y población de personal administrativo (161); sobre estas poblaciones se aplica el método de muestreo aleatorio simple-MAS-, para determinar los tamaños muestrales mínimos en cada caso. Un diseño MAS sobre k unidades de muestreo está definido por:

$$\pi = \left(\frac{n}{N}\right)^{-1} \quad (1)$$

donde N denota el tamaño total de elementos en la unidad de muestreo, n denota el número de elementos a ser seleccionados. El cálculo de los tamaños muestrales se establece con base en la ecuación 2 (Walpole, Myers, R. y Myers, S., 1999):

$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)\varepsilon^2 + z^2pq} \quad (2)$$

donde:

n corresponde al tamaño de la muestra.

N corresponde al tamaño de la población que se conoce. σ es la desviación estándar poblacional que en ocasiones se utiliza el valor de 0.5 (genera un máximo tamaño muestral).

$$\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{p * (1 - p)} \quad (3)$$

Z corresponde al nivel de confianza que está asociado a la probabilidad de que el dato que se desea se encuentre dentro del margen que se establece.

ϵ corresponde al error muestral y su margen, en ocasiones, se mantiene entre el 1 % y el 5 %.

En la fase de recolección de información, el diseño y aplicación de la encuesta de movilidad en entornos próximos se realiza con base en los aportes de Ibeas, González, Dell’Olio y Moura (2015). Luego de un estudio piloto se valida la encuesta en un panel de expertos y se realizan pruebas de confiabilidad con base en el coeficiente Alfa de Cronbach. A partir de ello, se aplica la encuesta de forma digital a tres muestras de las poblaciones que conforman la muestra de 748 participantes en el estudio de la siguiente forma: 263 profesores (33 % de la muestra), 373 estudiantes (58 % de la muestra) y 114 personas del personal administrativo (9 % de la muestra).

La información que se recolecta se analiza para caracterizar la movilidad de los grupos participantes, con el propósito de determinar los indicadores e índices que se establecen:

- a) Indicador promedio de tiempo por viaje: se relaciona con el índice de tiempo de desplazamiento por viaje pues se promedia el tiempo que se registró en la encuesta (se clasifica en viaje de ida y regreso; se toma en cuenta el rango de edad; se clasifica a partir de cada rol del encuestado: estudiante, profesor o administrativo)
- b) Indicador de movilidad próxima: se pondera cada una de las preguntas asociadas a las cercanías y modos de transporte asociados a la proximidad.

Se modela el comportamiento de la movilidad en entornos próximos de los grupos participantes y se procede a su representación en un mapa de acuerdo con el valor obtenido para el indicador de movilidad sustentable que se calcula a partir de la expresión 4.

El indicador de movilidad sustentable en entornos próximos se define de la siguiente forma para el periodo anterior y durante la pandemia COVID-19:

$$I_{ms} = 0.1 \left(\frac{X_1}{X_T} \right) + 0.1 \left(\frac{Y_1}{Y_T} \right) + 0.2 \left(\frac{D_1}{D_T} \right) + 0.4 \left(\frac{Z_1}{Z_T} \right) + 0.2(W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (4)$$

donde:

X_1 corresponde a los modos de transporte (caminata y bicicleta) utilizados durante un viaje, X_T corresponde al número total de modos de transporte usados durante el viaje detallado.

Y_1 corresponde al tiempo en minutos del viaje importante efectuado (caminata y bicicleta), Y_T corresponde al total de minutos acumulados en un viaje en todos los modos de transporte.

D_1 representa el número de destinos a los cuales se frecuenta en la proximidad a la vivienda, D_T corresponde a la cantidad total de destinos planteados dentro del área de influencia de las personas sobre su proximidad.

Z_1 es el total de modos de transporte que se utilizan para realizar los viajes hacia los destinos próximos a la vivienda, Z_T representa los modos de transporte totales utilizados para realizar los desplazamientos próximos.

Por último, se plantea la importancia de los desplazamientos próximos en función de la ponderación de acuerdo con la respuesta e importancia de las personas a partir de la siguiente clasificación, W es igual a:

- $W_1 = 1$ equivale a “muy importante”.
- $W_2 = 0.75$ equivale a “importante”.
- $W_3 = 0.5$ equivale a “poco importante”.
- $W_4 = 0.25$ equivale a “muy poco importante”.
- $W_5 = 0$ equivale a “nada importante”.

RESULTADOS OBTENIDOS

Entre las características importantes de la población participante en el estudio, se determina que el rango de edades varía de 18 a 73 años y el 75 % de los participantes se ubican en un rango de edad entre 18

y 38 años, como se muestra en la figura 2. El 73 % de los encuestados son hombres mientras que el 27 % son mujeres, lo cual refleja la composición de la comunidad de la Facultad de Ingeniería, USAC. El 53 % de los participantes informó que se contagió con el virus COVID 19.

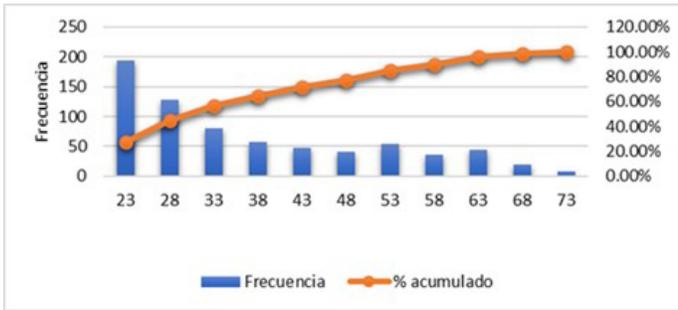


Figura 2. Edad de los encuestados 2022.
Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura 3 cómo en la mayoría de los rangos de edades el indicador de sustentabilidad se incrementa, sin embargo, el comportamiento es similar antes de la pandemia COVID-19 y durante la pandemia. Se puede observar cómo disminuye el indicador en relación con las diferentes edades, donde los indicadores más bajos de sustentabilidad se dan en el rango de 51-60 años y los indicadores más altos se dan en el intervalo de 18-20 años. Se observa que el indicador durante pandemia COVID-19 fue más alto que el de antes de COVID-19.

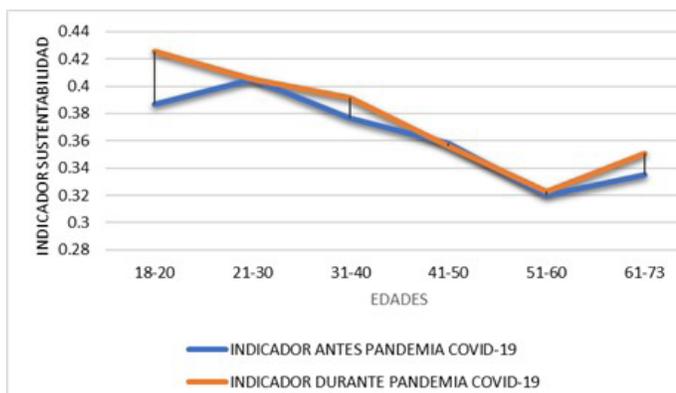


Figura 3. Comparación de los indicadores de sustentabilidad en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por rangos de edad
Fuente: elaboración propia

En la figura 4 se puede observar el comportamiento de la movilidad de toda la población analizada, en el cual el grupo de estudiantes tiene el indicador más alto mientras que para el personal administrativo el indicador de movilidad sustentable en entornos próximos es más bajo en ambos periodos de estudio.

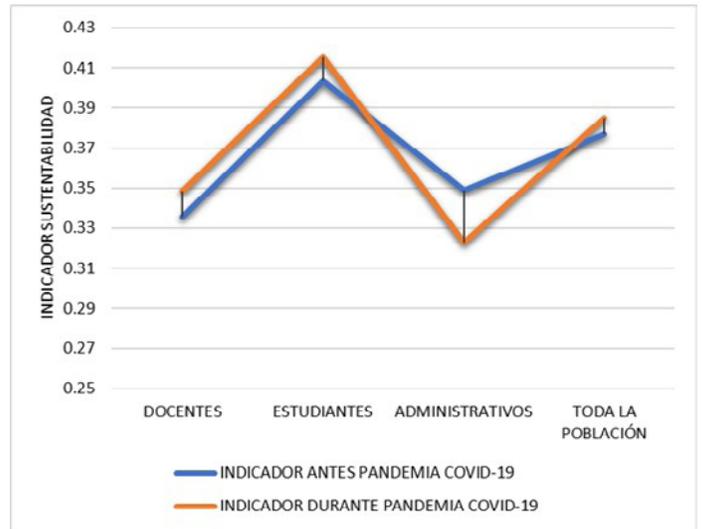


Figura 4. Comparación de indicadores de movilidad sustentable en entornos próximos antes y durante la pandemia por COVID-19
Fuente: elaboración propia.

Se observa el cambio en los valores del indicador (figura 5) del grupo de hombres que denotan un incremento de su movilidad sustentable en entornos próximos a diferencia de las mujeres, cuyos indicadores disminuyen, lo que puede dar la pauta de cambios en actividades o situaciones de decisión sobre la movilidad de cada uno de los grupos de personas.

El indicador de movilidad sustentable en entornos próximos es susceptible de transformación, y por lo tanto, es posible planificar escenarios basados en la promoción de su incremento.

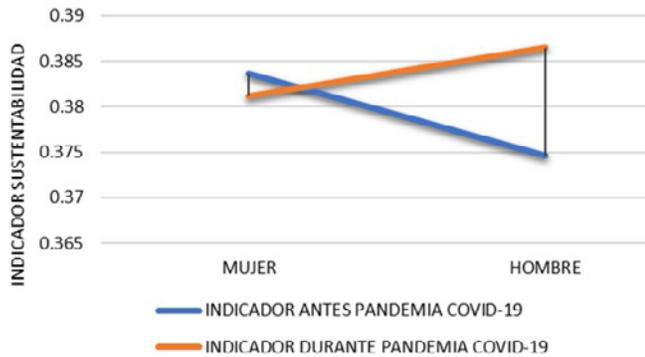


Figura 5. Comparación de los indicadores de movilidad sustentable en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por el sexo de la población

Fuente: elaboración propia

Una parte interesante del comportamiento de la población es que, para las personas sin contagio del virus, sus indicadores de movilidad sustentable son más altos; esto podría estar asociado con prácticas diarias que la población realiza. Por tanto, un hallazgo importante de este estudio demarca que las actividades y desplazamientos físicos mantienen una relación con el hecho de contagio o no contagio por el virus de COVID 19.

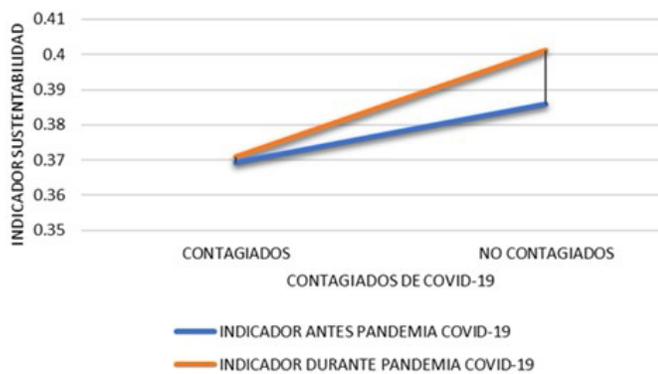


Figura 6. Comparación de los indicadores de movilidad sustentable en espacios próximos antes y durante la pandemia COVID-19 por la situación de contagio y no contagio.

Fuente: elaboración propia

Desde la óptica geográfica es importante destacar la diversidad de lugares de procedencia de la población estudiantil y los cambios ocasionados en el periodo de pandemia, ya que ante la suspensión de clases presenciales retornaron a otros departamentos. Para el grupo de profesores y personal administrativo se identifica mayor permanencia en el lugar donde habitan.

A partir de lo anterior se establece que los cambios en el lugar de residencia denotan comportamientos de movilidad muy diversos que permiten diferenciar un comportamiento de movilidad en las ciudades de otro en las áreas del interior del país.

En los mapas presentados en las figuras 7 y 8, se muestran las variaciones del índice de movilidad sustentable en las distintas regiones del país, para el periodo anterior a la pandemia, con rangos máximos de 0.48 a 0.76 y durante el periodo de su impacto.

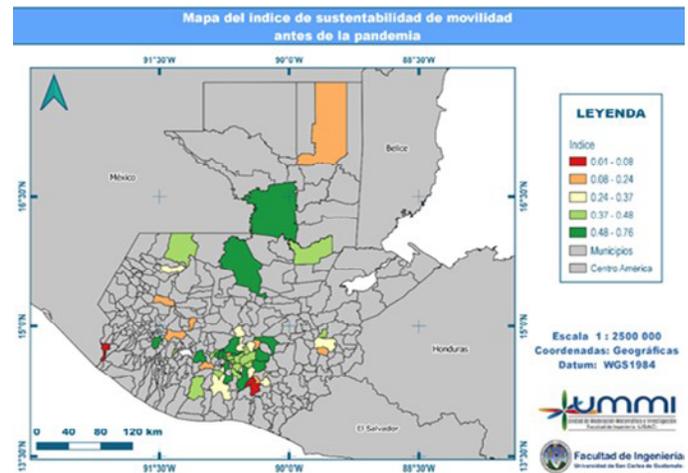


Figura 7. Distribución geográfica del indicador de movilidad sustentable en espacios próximos antes de la pandemia COVID-19.

Fuente: elaboración propia.

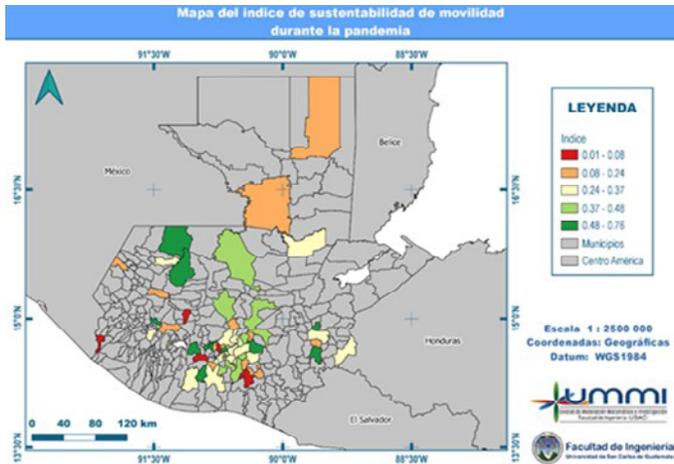


Figura 8. Distribución geográfica del indicador de movilidad sustentable en espacios próximos durante la pandemia COVID-19.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio demarca el abordaje de la proximidad que debe ser discutido, analizado y debatido por tomadores de decisión, planificadores urbanos, políticos, economistas, ingenieros, arquitectos, urbanistas, académicos, entre otros; puesto que se evidencia la importancia de impulsar la recuperación de una ciudad próxima y sobre todo, no volver a los viejos hábitos de movilidad (Barbarossa, 2020; Mardones-Fernández et al., 2020) que conducen a dinámicas alejadas a la sustentabilidad y dificultan enfrentar una crisis sanitaria como la provocada por el virus COVID-19.

La proximidad, como bien se ha definido anteriormente (Marquet & Miralles-Guasch, 2014; Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2012, 2013), no solo se centra en un tiempo o medición de distancia, puesto que obvia o reduce los modos de transporte, las dinámicas de proximidad o los elementos humanos que demarcan la cotidianidad de la población. En este sentido, no se puede reducir el estudio de los desplazamientos próximos como un elemento de tiempo, sino de estructura social, económica y del territorio de la ciudad (Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013) y, principalmente, desde la respuesta a una crisis como

la vivida en la pandemia; ya que, entre más próximos son los centros de actividades, destinos, entornos económicos y sociales; mejor es la respuesta hacia una crisis global que deba enfrentarse.

Si bien previo a la pandemia la discusión central de la movilidad radicaba en la proximidad como una solución al desarrollo urbano; ahora se confirma la necesidad de una ciudad próxima o compacta que pueda responder a los retos que demandan las crisis sanitarias, las necesidades diarias de la población, la calidad de vida y la interacción social. La pandemia recientemente vivida evidencia que no hay nada más importante que la humanidad por sobre cualquier interés económico, político o individual, por lo que resalta la importancia de una ciudad más humana y sostenible (Mardones-Fernández et al., 2020).

A través de este estudio se explica el comportamiento de movilidad de la población antes y durante la pandemia COVID-19 desde la óptica del índice de sustentabilidad de movilidad próxima, donde se observa que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa desde diferentes perspectivas de la población (rango de edad, sexo, zona de residencia geográfica, ocupación, entre otros).

Se identifica que la población más joven denota índices de movilidad sustentable hacia entornos próximos más altos que la población entre rangos de edad más altos, lo mismo ocurre con la población estudiantil, con relación a los grupos de profesores y personal administrativo.

Las restricciones que se plantearon en Guatemala son similares a las establecidas en todo el mundo, puesto que todas las medidas se establecieron para remarcar nuevos parámetros de comportamiento de movilidad (Borkowski et al., 2021) y esto incide en la respuesta de los patrones culturales hacia las restricciones de movilidad implementadas.

La investigación acerca de la movilidad es importante, ya que desde estudios previos se demuestra que la expansión de las pandemias muestra correlación con el comportamiento de los flujos y cambios en el comportamiento humano en cuanto a sus desplazamientos (Mendolia et al., 2021). Se identifica en el presente estudio que las acciones relacionadas con los nuevos flujos de movilidad de la población son determinantes en el comportamiento del esparcimiento de las enfermedades contagiosas.

Otro de los factores que se rescatan en este estudio es que se observa que la población que vive en el interior de la República de Guatemala posee un comportamiento de movilidad en entornos próximos distinto de aquellas que viven en áreas urbanas sumamente grandes, como lo es Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala, ya que para las personas que viven en lugares apartados de una ciudad los servicios no se encuentran muy cercanos a sus viviendas y culturalmente, es más común el hábito de caminar o de usar la bicicleta.

Se identifica en el mismo estudio que durante la pandemia la movilidad cambia por el uso de servicios cercanos al lugar de residencia y por la proliferación de servicios a domicilio. Por tanto, la proximidad se resalta como un factor determinante, ya que reporta beneficios en los desplazamientos en una crisis de salud, como la que ha presentado la pandemia de COVID-19.

Uno de los factores importantes de destacar dentro del estudio es el incremento del uso del vehículo propio (automóvil o motocicleta) para el desplazamiento a lugares distantes y aún en el entorno próximo. Ante ello, se identifica la necesidad de estudiar el nuevo fenómeno que haya surgido a partir del uso de vehículo privado y cómo las nuevas dinámicas de movilidad se ven afectadas, pues el incremento del uso de vehículos privados repercute en ópticas a futuro de la movilidad sustentable.

Una parte interesante del comportamiento de la población contagiada es la estimación de indicadores

de movilidad sustentable bajos en el periodo previo a la pandemia, en comparación con un indicador con mayor valor que las personas que no se contagiaron. Se puede inferir que los hábitos de la población antes de la pandemia tienen asociación con la posibilidad de contagiarse; dado que, las dinámicas de la población con clasificación sustentable se relacionan con los participantes menos propensos a contagiarse.

Como aporte metodológico se propone una modelación de los desplazamientos próximos de las poblaciones analizadas que permite identificar diferencias en los patrones de los desplazamientos diarios o rutinarios que la población tiene y también establecer una diferenciación entre las personas que trabajan o solamente estudian. Dado que la movilidad tiene asociación sobre las medidas de distanciamiento social impuestas a lo largo de la pandemia, es importante investigar a futuro las dinámicas de movilidad en la etapa postpandemia.

Uno de los elementos de influencia que sustenta las discusiones a futuro del escenario de movilidad que se va a presentar, es la disposición de la población de docentes a nuevas normalidades que se pueden presentar, y principalmente, si se vuelcan hacia alguna tendencia con condiciones virtuales o híbridas de estudio o trabajo, por razones de tráfico, movilidad, interacción social, calidad de educación, recursos de laboratorio, entre otras.

Por último, se desea plantear que esta investigación en conjunto con otras asociadas con la proximidad (Miralles-Guasch et al., 2016; Miralles-Guasch & Cebollada, 2009; Miralles-Guasch & Marquet Sarda, 2013; Miralles, 2013) y el COVID-19 (Kehagia, 2020; Sánchez-Toscano Salgado & Hernández Aja, 2022; Thornton, 2020), demuestran que la proximidad y su incentivo en la vida diaria de la población evidencia que se asocia con la calidad de vida, satisfacción de las necesidades primarias y en la solución de crisis en áreas urbanas y rurales. En ese sentido, la discusión de la movilidad en los entornos de ciudades en la actualidad debe plantear como esquema central una

geografía humana que se apege a todos los esquemas planteados por las nuevas teorías de movilidad y su enfoque humano (Álvarez, Mercedes Reguant, 2014; Argueta, 2017; Gutiérrez, 2012; Santos, 2006) y que se ha demostrado con este estudio que al contar con soluciones de movilidad de proximidad en su estructura y funcionamiento, es posible proponer respuestas importantes para satisfacer las necesidades básicas durante una crisis global y mundial.

CONCLUSIONES

1. A través de este estudio se explica el comportamiento de movilidad de la población antes y durante la pandemia COVID-19 desde la óptica del índice de sustentabilidad de movilidad próxima, donde se observa que antes de la pandemia la población tenía un menor índice sustentable de movilidad en sus entornos próximos; lo que se contrasta con lo que sucede en la pandemia, ya que el indicador de sustentabilidad en entornos próximos se incrementa desde diferentes características o contextos de la población: rango de edad, sexo, zona geográfica de residencia, ocupación, hábitos de movilidad, condiciones económicas, entre otras.
2. Uno de los aportes del índice de movilidad sustentable propuesto, es la base de la proximidad y principalmente, la consideración de la multimodalidad en sus desplazamientos. Es decir, la metodología planteada para determinar el índice de movilidad sustentable toma como base la respuesta de los desplazamientos multimodales en un viaje representativo de sus desplazamientos durante la semana.
3. A partir de una crisis y para resolver problemas de movilidad se identifica que al implementar medidas asociadas a la proximidad, tanto en su estructura y funcionamiento en las ciudades, como de las prácticas de la población, permite responder a una crisis con impactos a escalas local y global.

Por tanto, en un entorno urbano donde prevalezca la proximidad, mejor es la respuesta hacia una crisis global que deba enfrentarse.

RECOMENDACIONES

Para estudios futuros asociados con la movilidad y a partir de los hallazgos de la presente investigación, se recomienda ahondar en las siguientes líneas:

1. Uno de los factores importantes de destacar dentro del estudio es el incremento del uso del vehículo propio (automóvil o motocicleta) para el desplazamiento a lugares distantes y aún en el entorno próximo. Ante ello, se identifica la necesidad de estudiar el nuevo fenómeno que haya surgido a partir del uso de vehículo privado y cómo son las nuevas dinámicas de movilidad en el periodo postpandemia.
2. El COVID-19 deja secuelas en cierto segmento de la población que demarca cambios fundamentales en su movilidad a partir de su contagio. Es necesario investigar en este grupo de población sus dinámicas de movilidad después de haber sido contagiado y las características de nuevas realidades del periodo postpandemia.
3. Indagar en los hábitos y actividades de movilidad que realiza el segmento de población que presenta altos niveles de sustentabilidad, puede brindar parámetros de comportamiento de cierto segmento de la población que ayude a proyectar escenarios futuros de alguna crisis o planificación a partir de dichos hábitos.
4. Es indispensable considerar como nuevo enfoque de estudio la movilidad postpandemia, para comparar el mismo índice de sustentabilidad asociado con cambios en la nueva normalidad de movilidad de los sujetos de estudio desde su residencia hacia la ciudad universitaria de la USAC, y viceversa.

REFERENCIAS

- Amézquita, L.L., Durá, Matiz, D. F., & Fajardo Morales, D. H. (2016). Matriz origen-destino y eficiencia en modos de transporte urbano: un análisis de la movilidad de Bogotá. *Semestre Económico*, 19(39), 91–112. <https://doi.org/10.22395/seec.v19n39a4>
- Argueta, J. L. (2017). La permeabilidad y movilidad peatonal en los fraccionamientos cerrados de interés social. Villas de la Hacienda, Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. *Revista Transporte y Territorio*, 17(17), 145–171.
- Barbarossa, L. (2020). The post pandemic city: Challenges and opportunities for a non-motorized urban environment. An overview of Italian cases. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12177172>
- Borkowski, P., Jażdżewska-Gutta, M., & Szmelter-Jarosz, A. (2021). Lockdowned: Everyday mobility changes in response to COVID-19. *Journal of Transport Geography*, 90 (November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102906>.
- Corwin, S., Zarif, R., Berdichevskiy, A., & Pankratz, D. (2020). The futures of mobility after COVID-19. Scenarios for transportation in a postcoronavirus world. *Deloitte Development LLC*, 1–21. Recuperado de: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/6739_fom-covid/DI_FoM-COVID.pdf
- Díez, J. C. (2020). Post COVID-19: retos para Iberoamérica. *Pensamiento Iberoamericano*, 3(1), 34-41. Recuperado de: <https://segib.org/wp-content/uploads/AF-maqueta-RPI-N9.pdf>.
- Guerrero, D., Winfield, F., & Martí, D. (2021). La calle post COVID-19: prácticas emergentes y nuevas dinámicas urbanas. *Topofilia, Revista de Arquitectura, Urbanismo y Territorios*, (21), 82–97.
- Herrero, D. C., Tapia, M., Prieto, J., Vaquero, M., & Sánchez, P. (2020). La nueva movilidad al trabajo post COVID-19: por una ciudad más activa y sostenible. *Revista Telos*, 1-4. Recuperado de: <https://telos.fundaciontelefonica.com/la-nueva-movilidad-al-trabajo-post-covid-19-por-una-ciudad-mas-activa-y-sostenible/>
- Ibeas, A., González, F., Dell’Olio, L. y Moura, J. (2025). *Manual de Encuestas de Movilidad: Preferencias Reveladas*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/306594188_Manual_de_Encuestas_de_Movilidad_Preferencias_Reveladas/citation/download
- Kehagia, F. (2020). COVID-19 and Sustainable mobility. *Springer Optimization and Its Applications*, 128, 99–119.
- Mardones-Fernández, N., Luque-Valdivia, J., & Aseguinolaza-Braga, I. (2020). La ciudad del cuarto de hora, ¿una solución sostenible para la ciudad postCOVID-19? *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, (204), 653–664. <https://doi.org/10.37230/cytet.2020.205.13.1>
- Marquet, O., & Miralles-Guasch, C. (2014). Walking short distances. The socioeconomic drivers for the use of proximity in everyday mobility in Barcelona. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 210–222. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.007>
- Martin, S. F., & Bergmann, J. (2020). Shifting forms of mobility related to COVID-19. *In Time for a Reset*, 1–12. Recuperado de: <https://publications.iom.int/system/files/pdf/shifting-forms.pdf>
- Mendolia, S., Stavrunova, O., & Yerokhin, O. (2021). Determinants of the community mobility during the COVID-19 epidemic: the role of government regulations and information. *Journal of Economic Behavior & Organization*, (13778). <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.01.023>
- Miralles-Guasch, C., & Marquet Sarda, O. (2012). Un análisis de la ciudad compacta a través de los tiempos de desplazamiento. *8 Congreso Internacinoal Cidade Virtual e Territorio, 18022*, 8–10.

- Miralles-Guasch, C., & Marquet Sarda, O. (2013). Dinámicas de proximidad en ciudades multifuncionales. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, XLV(177), 503–512.
- Miralles, C. (2013). Presentación: Dossier Metodologías Y Nuevos Retos en el análisis de la movilidad y el transporte. *Revista Transporte y Territorio*, (8), 1–6.
- Spickermann, A., Grienitz, V., & Von Der Gracht, H. A. (2014). Heading towards a multimodal city of the future: Multi-stakeholder scenarios for urban mobility. *Technological Forecasting and Social Change*, 89, 201–221. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>
- Thornton, G. (2020). Personal mobility experience post COVID-19, (September). ****
- Walpole, R., Myers, R. y Myers, S. (1999). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. México: Prentice Hall.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

José Luis Argueta Mayorga, Ingeniero Civil, Maestro en Ingeniería Vial, Doctor en Ciudad Territorio y Sostenibilidad.
Afilación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Mayra Virginia Castillo Montes, Licenciada en Matemática Aplicada, Doctora en Educación.
Afilación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Walter Arnoldo Bardales Espinoza, Ingeniero Agrónomo, Maestro en Recursos Hidráulicos.
Afilación laboral. Facultad de Ingeniería.

William Adolfo Polanco Anzueto, Licenciado en Matemática Aplicada.
Afilación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Eugenio Miguel Polanco Sotoj, Bachiller en Ciencias y Letras, estudiante de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.
Facultad de Ingeniería, USAC.

DIMENSIONES QUE INFLUYEN EN LA EDUCACIÓN VIRTUAL A NIVEL DE POSTGRADO DESDE LA PERSPECTIVA DE LA EDUCACIÓN 4.0

Dimensions that influence virtual education at the graduate level from the perspective of education 4.0

Hugo Humberto Rivera Pérez

Mtro. en Gestión Industrial
hhrivera_212@yahoo.com

Mayra Virginia Castillo Montes

Dra. en Educación
mayracastillom@yahoo.com

Recibido: 23 de junio de 2023. | Revisado: 8 de agosto de 2023. | Aprobado: 16 de octubre de 2023.

RESUMEN

La Educación 4.0 incorpora recursos tecnológicos y una nueva visión de los procesos formativos, que trasciende las formas tradicionales en que se guía el aprendizaje. La educación virtual muestra un auge significativo a partir de la pandemia por COVID 19, aunque sin la debida planificación y preparación. Ante el surgimiento de nuevas realidades postpandemia, se visualizan oportunidades de impulsar la educación virtual en el nivel superior postgraduado; sin embargo, la revisión de la literatura permite establecer que aún está abierto a la investigación el proceso de implementación práctica de referentes teóricos que surgen a partir de la Educación 4.0 y existen diferencias entre las dimensiones a incluir, las competencias a desarrollar, los fundamentos pedagógicos, los recursos y la evaluación de la calidad. Se identifica la posibilidad de investigar las dimensiones de la infraestructura tecnológica de soporte para administración, docencia, recursos de aprendizaje externos, generación de competencias y medición de la calidad educativa.

PALABRAS CLAVE

Educación 4.0, dimensiones, educación virtual, TICs.

ABSTRACT

Education 4.0 incorporates technological resources and a new vision of training processes, which transcends the traditional ways in which it is taught and learned. Virtual education shows a significant boom since the COVID 19 pandemic, although without due planning and preparation. Given the emergence of new post-pandemic realities, opportunities are seen to promote virtual education at the tgraduate level; however, the review of the literature establishes that the process of practical implementation of theoretical references that arise from Education 4.0 is still open to research and there are differences between the dimensions to include, the competencies to develop, the pedagogical foundations, resources and quality evaluation. The possibility of researching the dimensions of technological infrastructure supporting administration, teaching, external learning resources, generation of competencies and measurement of educational quality is identified.

KEYWORDS

Education 4.0, dimensions, virtual education, TICs.

INTRODUCCIÓN

En todos los ámbitos se experimentan cambios asociados con el desarrollo continuo y acelerado de diversas aplicaciones tecnológicas como la comunicación móvil, las redes sociales, acceso a datos satelitales, la computación en la nube, sistemas autómatas, inteligencia artificial, realidad virtual y otros (Almaraz, Maz y López, 2017; Yong, Nagles, Mejía y Chaparro, 2017).

Las universidades que a nivel mundial han implementado la educación virtual evidencian la importancia del diseño instruccional y lo identifican como uno de los factores con mayor relevancia en modelos educativos exitosos para esta modalidad educativa (Altúnez, 2012).

Por otra parte, Pérez, Rivera y Hernández (2020) destacan relevancia la que ha cobrado el surgimiento y evolución de la industria 4.0, así como su influencia en el origen y desarrollo de la educación 4.0, que en Bañuelos (2020) se entiende como la reinterpretación del aprendizaje con el desarrollo de las herramientas digitales y el crecimiento de las plataformas educativas. Así, la educación 4.0 se caracteriza por apoyarse en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación, así como en tecnologías digitales recientes, en respuesta a los cambios provocados por la industria 4.0 (Mendizábal y Escalante, 2021).

El desarrollo de la tecnología es acelerado mientras que los cambios educativos son lentos, por lo que los sistemas tecnológicos de soporte para la educación virtual en el nivel superior deben ser flexibles para su adaptación continua a los requerimientos de la educación virtual y los procesos administrativos asociados (Vásquez, 2015; García, 2019).

Para orientar la revisión de la literatura que se reporta en el presente ensayo, se plantea la interrogante: ¿Cuáles son las dimensiones que debe incluir un sistema de soporte tecnológico para la educación virtual a nivel de postgrado?

DESARROLLO DEL TEMA

Se postula que la educación 4.0 responde a la Industria 4.0 y prioriza al aprendizaje del estudiante en el centro del ecosistema educativo, esto implica empoderarlo para diseñar su propia ruta de formación en entornos personales de aprendizaje, teniendo en cuenta sus intereses particulares. En este escenario pueden interactuar diversas tecnologías incluidas las de crecimiento exponencial, en un ecosistema que necesariamente genera transformaciones que demandan del ser humano habilidades como el trabajo en equipo y competencias blandas (Castañeda, et. al, 2020).

El reto consiste en definir instrumentos que evalúen los conocimientos y las competencias adquiridas, así como identificar las dimensiones que permitan medir la calidad en los programas en línea, combinados o no con la presencialidad. Por lo tanto, se puede pensar que la forma más efectiva de desarrollar competencias en el área cognitiva y de desempeño es utilizándolas en distintos escenarios que representen el contexto más cercano a la realidad laboral, para lo cual toma relevancia la necesidad de crear programas docentes más versátiles y dinámicos, que incorporen métodos de simulación en los que el alumno “ensaya” sobre su vida social, académica, profesional, y también personal, y, en este campo, las herramientas digitales interactivas tienen mucho que aportar en su interrelación con la metodología educativa (Ocegueda, Cifuentes y Rivera, 2022).

Con relación a los resultados obtenidos de los avances tecnológicos que se han desarrollado, Almaraz, Maz y López (2017) describen las dimensiones que debe considerar la educación virtual, dando especial énfasis a la infraestructura tecnológica, la ciudad universitaria, administración, docencia, investigación, marketing y comunidad institucional; estos aportes permiten indagar en cuanto a las dimensiones necesarias para el soporte tecnológico de la educación superior a nivel de postgrado.

Marciniak & Gairín (2018) en un estudio de revisión de 25 autores, identifican 42 dimensiones de diferentes modelos para la educación virtual evidenciando que no existe consenso en la comunidad investigativa, ya que algunas de ellas tienen similares características, pero conceptualizaciones diferentes. Con base en el estudio se identifican dimensiones relevantes tales como: contexto institucional, brecha digital, infraestructura tecnológica, estudiantes, docentes, pedagogía y otras que permiten evaluar el ciclo de vida de un curso (o programa); es decir, la fase de su diseño, desarrollo y resultados. En la tabla 1 se comparan autores que priorizan la inclusión de diferentes dimensiones de la educación virtual que deben ser consideradas en un modelo de soporte tecnológico para las diferentes funcionalidades que requieren los distintos actores que intervienen en los procesos formativos.

Tabla 1
Matriz de comparación de dimensiones y autores

No.	DIMENSIONES	AUTORES						
		Almaraz (2017)	Marciniak (2018)	Gómez (2022)	Carrasco (2022)	Estrada (2022)	Márquez (2023)	Durán (2023)
1	Infraestructura tecnológica	X	X					
2	Ciudad Universitaria	X						
3	Administración	X						
4	Docencia	X	X					
5	Investigación	X						
6	Marketing	X						
7	Comunidad Institucional	X						
8	Estudiantes		X					
9	Aspectos pedagógicos		X					
10	Ciclo de vida de un curso		X					
11	Contexto institucional		X					
12	Instrumental						X	
13	Cognitiva						X	
14	Comunicativa						X	
15	Axiológica						X	
16	Emocional						X	
17	Recursos de aprendizaje			X	X			X
18	Acompañamiento virtual			X	X			X
19	Competencias educativas			X				
20	Educación virtual				X	X		
21	Calidad					X		
22	Características					X		
23	Ventajas					X		
24	Satisfacción					X		
25	Competencias del estudiante				X			
26	Colaboración virtual				X			X

Fuente: elaboración propia.

En los aportes de los autores referenciados se definen las dimensiones de la educación virtual y se marca cierta diferenciación entre aquellas consideradas previo, durante y posterior a la pandemia por COVID

19, donde se ha transformado y demandado que el modelo tradicional de educación apoyado o no por medios virtuales, evolucione a un modelo educativo colaborativo, de acompañamiento y autodidacta con medios de validación, comprensión del conocimiento y adquisición de competencias, ya que un estudiante del nivel superior de este siglo debe estar multialfabetizado, al menos en las competencias fundamentales (Bañuelos, 2020), entre las que se encuentran las siguientes:

- a) Competencia para la adquisición y comprensión crítica de la información. Aprender a buscar, seleccionar y comprender información para la construcción de conocimientos empleando los recursos de Internet y/o cualquier otra fuente válida y confiable.
- b) Capacidad para la comunicación oral y escrita, difusión y debate de ideas, identificación de convergencia y divergencia de posturas, para potencializar la divulgación e interpretación de ideas propias y de otras personas en diversos medios digitales o entornos de interacción presencial.
- c) La competencia para la convivencia social armoniosa por medio de recursos tecnológicos implica aprender a comunicarse y relacionarse socialmente con otras personas, grupos e instituciones a través de los recursos disponibles en la red.

No hay consenso entre las dimensiones de la educación virtual, pero se aboga por una transformación del modelo educativo tradicional a otro modelo centrado en el desarrollo de competencias y habilidades.

Con relación a las componentes de la multialfabetización digital, Área (2015) señala como componentes relevantes las siguientes: instrumental, cognitiva, comunicativa, axiológica y emocional. Desde otra perspectiva, Gómez, et. al. (2022) establecen la importancia de investigar el modelo de evaluación en

modalidad virtual y definir los recursos que ayuden a dar seguimiento al progreso académico del estudiante, para determinar la medida en que se alcanzan las metas fijadas. Para tal fin, se establecen tres dimensiones de la educación virtual, recursos de aprendizaje, acompañamiento virtual y competencias educativas.

Entre los resultados relevantes del estudio realizado por Ruitón Carrasco (2022), se destacan las dimensiones de la educación virtual y por ende, para su soporte tecnológico, los recursos para acompañamiento, colaboración, desarrollo de competencias de comunicación y fomento de actitudes positivas, entre las más relevantes.

Estrada, Gallegos y Puma (2022) dentro del análisis cuantitativo que realizan de lo acontecido en la educación virtual como consecuencia de la pandemia COVID-19, la caracterizan como alternativa durante la crisis e identifican las variables y dimensiones en las cuales radica la gestión de la educación en entornos virtuales y la percepción de la calidad educativa por parte de los educadores y educandos.

Ríos (2023), prioriza bajo el contexto de la educación virtual y la resiliencia del docente en el contexto de la pandemia por COVID 19, los recursos de aprendizaje, acompañamiento virtual, colaboración virtual y monitoreo, como aquellos aspectos que tendrán impacto en la educación virtual post pandemia. Es notorio que, si bien los aspectos priorizados por los autores citados están relacionados, son diferentes entre sí.

Con relación a la Educación 4.0, Muñoz, Velásquez y Barragán (2021) indican que desde esta perspectiva se prioriza el aprendizaje más que la enseñanza. Esto implica, para el estudiante, diseñar su propia ruta de aprendizaje, teniendo en cuenta sus necesidades e intereses. En este escenario interactúan diversas tecnologías, habilidades y las competencias blandas, priorizando el enfoque en el desarrollo de habilidades tales como: la resolución de problemas, la reflexión crítica, la innovación y la toma de decisiones con base en el análisis situacional contextualizado.

En la era actual es necesario incorporar el dinamismo tecnológico en las instituciones de educación superior, para que con la guía de docentes conocedores de las TIC apropiadas a los contenidos de interés cognitivo, sea posible una transformación educativa centrada en el desarrollo de competencias no necesariamente explícitas en la malla curricular, sino en aquellas que serán de utilidad como profesionales, técnicos o ciudadanos en una sociedad influenciada por características de la Industria 4.0 y capaces de enfrentar posteriormente las condicionantes de la sociedad 5.0 (Márquez, 2023).

La educación 4.0 tiene marcadas diferencias con la educación tradicional en cualquier modalidad, lo cual implica diferencias en la evaluación de la calidad.

En el trabajo de Jung y Latchem (2012) se establece que la formación virtual centrada en la Educación 4.0 es tan diferente de la educación tradicional (virtual o presencial) en su organización, inscripción y operación, que no se pueden aplicar los mismos mecanismos y dimensiones para evaluar la calidad de las dos modalidades educativas.

Rojas (2017) indica claramente que, para cada periodo en donde se impulse por parte del ser humano una revolución industrial, se induce como complemento el desarrollo de programas académicos correspondientes a la nueva realidad caracterizada por las tecnologías emergentes. Por tanto, es evidente que al desarrollo de la Industria 4.0 que se caracteriza por la aplicación intensiva, extensiva e integrada de la automatización, de la robotización, de los Sistemas de Información y de los Sistemas de Telecomunicación en los procesos productivos en la ciudad y el campo, se generarán nuevos programas de ingeniería, de tecnología y de técnicas que capaciten a los nuevos profesionales en un ambiente de cooperación universidad-empresa-estado para el bienestar de la sociedad.

En cuanto a las dimensiones, se identifica que algunas variables sociodemográficas como el sexo, la edad y la condición laboral se asociaban de manera significativa con la percepción sobre la calidad de la educación virtual, por lo que se abre un campo a la investigación acerca de este aspecto (Estrada, 2022).

En la literatura se enfatiza que la mera introducción de tecnología digital no implica por sí misma un cambio profundo en los procesos formativos, por lo que se aboga por el impulso del desarrollo de capacidades cognitivas, habilidades de pensamiento y comunicación, aprovechando el potencial de la tecnología digital (Lima y Fernández, 2017, BID, 2020; Mendizábal y Escalante, 2021).

Lo anterior evidencia la necesidad de cambios organizacionales en las universidades y transformación de los roles de los estudiantes, los docentes y los procesos formativos (Briceño, Correa, Valdés y Hadweh, 2020; Estrada y Pinto, 2021); estos temas están abiertos a la investigación pues aún no existen métodos generalizados y funcionales en cualquier contexto (Sanabria, 2020).

Se requieren cambios profundos en la universidades, pero no hay consenso en cuanto a los métodos y pautas para la transformación digital para la educación la educación virtual.

SÍNTESIS CONCLUSIVA

La educación 4.0 se asocia con la evolución de la industria 4.0, en la cual se requiere el desarrollo de habilidades y competencias a través del uso de las TIC que evidencian la necesidad de incluir la gestión académica, administrativa y de recursos educativos para satisfacer los nuevos requerimientos de la formación profesional (Pérez, Rivera y Hernández, 2020; Mendizábal y Escalante, 2021).

Aunque el concepto de Educación 4.0 está abierto a la discusión, se acepta que abarca diferentes

dimensiones en las cuales los autores consultados no están de acuerdo en la cantidad y la conceptualización de cada una, tampoco hay consenso en lo referente a las competencias cuyo desarrollo debe promoverse (Marciniak & Gairin, 2017). El aspecto que sí se enfatiza es que la tecnología digital en sí misma no implica un cambio en los procesos formativos, por lo que se aboga por el impulso del desarrollo de capacidades cognitivas, habilidades de pensamiento y comunicación, aprovechando el potencial de la tecnología digital (Lima y Fernández, 2017, BID, 2020; Mendizábal y Escalante, 2021). Esto implica cambios organizacionales en las universidades y transformación de los roles de los estudiantes, los docentes y los procesos formativos (Briceño, Correa, Valdés y Hadweh, 2020; Estrada y Pinto, 2021). Estos temas están abiertos a la investigación pues aún no existen metodologías de aplicación funcional en diferentes contextos (Sanabria, 2020).

Se evidencia una tensión teórica entre el desarrollo acelerado de la tecnología digital (Vásquez, 2015; García, 2019) y el lento proceso de transformación de las instituciones educativas y los procesos formativos (Bañuelos 2020); también hay posturas divergentes en cuanto a la inclusión (Vásquez, 2015; Yong et al., 2017; Bañuelos, 2020) o exclusión (Salado, Anavizca y Ochoa, 2017; Vicentini, 2020) que implica el uso de tecnología digital en la sociedad, en particular en la educación superior.

El desarrollo tecnológico es acelerado y los cambios educativos requieren tiempo; los sistemas de soporte informático deben ser flexibles y adaptables.

Se reporta en la literatura que existen recursos digitales de acceso libre en la red, sin embargo, la tecnología más reciente requiere inversiones fuertes y sostenibles (Comas et al., 2016), así como una visión institucional que sirva de respaldo (Olivares, Angulo, Torres y Madrid, 2016). Se ha identificado en la literatura la necesidad de gestionar una educación virtual de calidad y pertinencia, lo que a su vez requiere contar

con un soporte tecnológico adecuado y accesible a la población meta (Failache, Katzkowicz y Machado, 2021). Se enfatiza que el modelo de soporte tecnológico debe ser flexible para su perfeccionamiento continuo, a partir de los aportes de docentes, estudiantes y usuarios de apoyo administrativo y académico (Marciniak & Gairin, 2017).

Con base en lo anterior, se identifica la necesidad de investigar las características y dimensiones de un sistema tecnológico de soporte para la educación virtual a nivel de postgrado, flexible y adaptable a las necesidades y particularidades de la población meta.

REFERENCIAS

- Almaraz, F., Maz, A., y López, C. (2017) Análisis de la transformación digital de las instituciones de educación superior. Un marco de referencia teórico. *Revista de Educación Mediática y TIC*, 6(1), 181-202. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5911340>
- Altúnez, C. (2012). Modelo de gestión para los centros de educación a distancia universitarios. XII *Encuentro Internacional Virtual Educa Panamá*. Recuperado de: <https://recursos.educoas.org/publicaciones/modelo-de-gestion-para-los-centros-de-educacion-distancia-universitarios>
- Área, M. (2015). La alfabetización digital y la formación de la ciudadanía del siglo XXI. *Revista Integra Educativa*, 7(3), 21-33. Recuperado en 08 de noviembre de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40432014000300002&lng=es&tlng=es.
- Banco Interamericano de Desarrollo-BID. (2020). *La educación superior en tiempos de COVID-19. Aportes de la Segunda Reunión del Diálogo Virtual con Rectores de las Universidades de América Latina*. DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0002481>:
- Bañuelos, A. M. (2020). *Educación 4.0 en las instituciones universitarias. Contribuciones de la tecnología digital en el desarrollo educativo y social*, 70-79. Recuperado de: <https://www.adayapress.com/wp-content/uploads/2020/09/contec8.pdf>
- Briceño Toledo, M., Correa Castillo, S., Valdés Montecinos, M., y Hadweh Briceño, M. (2020). Modelo de gestión educativa para programas en modalidad virtual de aprendizaje. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXV(2), 286-298.
- Castañeda, A, Vargas Rodríguez, G, Orduz Quijano, M, Acero, O y Gómez Arévalo, J. (2020). *La formación integral en los posgrados en educación: aportes desde el humanismo, el currículo, la epistemología y la educación 4.0 en América Latina*. Fundación Universitaria Juan N. Corpas. Centro Editorial. Ediciones FEDICOR.
- Comas, Z., Echeverri, I., Zamora; R., Vélez, J., Samiento, R. y Orellana, M. (2016). *Tendencias recientes de la Educación Virtual y su fuerte conexión con los Entornos Inmersivos*. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/4613>
- Estrada Araoz, E. G., Gallegos Ramos, N. A., & Puma Sacsí, M. Á. (2022). Percepción de los estudiantes universitarios sobre la educación virtual durante la pandemia de COVID-19. *Revista San Gregorio*, 1(49), 74-89. <https://doi.org/10.36097/rsan.v0i49.1967>
- Estrada, B. M. y Pinto-Blanco, A. M. (2021). Análisis comparativo de modelos educativos para la educación superior virtual y sostenible (en línea). *Entramado* 17(1), 168-184. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6131>.
- Failache, E., Katzkowicz N. y Machado. A. (2020). La Educación en Tiempos de Pandemia y el Día Después: El Caso de Uruguay. *Revista Internacional De Educación Para La Justicia Social*, 9(3). Recuperado de <https://revistas.uam.es/riejs/article/v>
- García, L. (2019). Necesidad de una educación digital en un mundo digital. RIED. *Revista Iberoamericana de educación a distancia*, 22(2), 9-22. DOI: <https://doi.org/10.5944/ried.22.2.23911>.
- Gómez, H. E. L., Loayza, P. C., Morán, R. C. D., de la Asuncion, Parí Bedoya, I. N. M., & Murillo, A. R. V. (2022). Educación virtual

- y rendimiento académico de los estudiantes de una universidad limeña en tiempos de pandemia. *Conrado*, 18(88), 402-410. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2629>
- Jung, I. & Latchem, C. (eds). (2012). Quality assurance and accreditation in distance education and e-learning: *Models, policies and research. Higher Education*, 64(5).
- Lima Montenegro, S. y Fernández Nodarse, F. (2017) La educación a distancia en entornos virtuales de enseñanza aprendizaje. *Reflexiones didácticas. Atenas*, 3(39), 30-39. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478055149003>
- Marciniak, R., & Gairín Sallán, J. (2018). Dimensiones de evaluación de calidad de educación virtual: revisión de modelos referentes. *RIED-Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 21(1), 217–238. <https://doi.org/10.5944/ried.21.1.16182>
- Márquez, A. M. B. (2023). Educación 4.0. en las instituciones universitarias. Adayapress.com. Retrieved May 18, 2023, from <https://www.adayapress.com/wp-content/uploads/2020/09/contec8.pdf>
- Mendizábal, G. y Escalante, A. (2021). El reto de la educación 4.0: competencias laborales para el trabajo emergente por la covid-19. *Revista Iberoamericana De Las Ciencias Sociales Y Humanísticas*, 10(19), 261 - 283.
- Muñoz-Guevara, E., Velázquez-García, G. & Barragán-López, J. F. (2021). Análisis sobre la evolución tecnológica hacia la Educación 4.0 y la virtualización de la Educación Superior. *Transdigital*, 2(4), 1–14. <https://doi.org/10.56162/transdigital86>
- Ocegueda, A., Cifuentes, E y Rivera, J. (2022). Educación 4.0, modalidad educativa y desarrollo regional integral. *Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, (13). DOI: https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v13i0.1452
- Olivares, K., Angulo, J., Torres, C., y Madrid, E. (2016). Las TIC en educación: metaanálisis sobre investigación y líneas emergentes en México. *Revista de Innovación Educativa*, 8(2). Recuperado de: <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/866/583>
- Pérez, P., Rivera, I., y Hernández, M. (2020). La educación 4.0 de forma simple. *Debates en educación y curriculum. Congreso Internacional de Educación: Curriculum 2019*, 5(5). Recuperado de <https://posgradoeducacionuatx.org/pdf2019/A002.pdf>.
- Ríos, J. (2023). *Educación virtual y la resiliencia de docentes en el contexto COVID 19 de la II.EE. 50592 de Yucay*, (Tesis) Universidad César Vallejo.
- Rojas, H. (2017). La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe. Ipn. Mx. Retrieved May 18, 2023, from <https://e4-0.ipn.mx/wp-content/uploads/2019/10/4ri-4-0-impacto-educacion-superior-ingenieria.pdf>
- Ruitón Carrasco, F. B. (2022). *Educación virtual y aprendizaje en estudiantes de medicina de la ciudad de Trujillo*. (Tesis) Universidad César Vallejo.
- Salado, L., Anavizca, S., y Ochoa, R. (2017). Uso de recursos digitales institucionales en universidades públicas de Sonora. *Memoria electrónica XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa, San Luis Potosí*. Recuperado de: <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/2306.pdf>
- Sanabria Cárdenas, I. Z. (2020). Educación Virtual: Oportunidad Para “Aprender a Aprender”. *Revista Análisis Carolina, serie Formación virtual*, (42). 1-14. DOI: 10.33960/AC_42.2020
- Vásquez, J. (2015). Nuevos escenarios y tendencias universitarias. *Revista de Investigación Educativa*, 33 (1), 13-26. DOI: <https://doi.org/10.6018/rie.33.1.211501>
- Vicentini, I. (2020). *La educación superior en tiempos de COVID-19: Aportes de la Segunda*

Reunión del Diálogo Virtual con Rectores de Universidades Líderes de América Latina.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18235/0002481>

Yong, E., Nagles, N., Mejía, C. y Chaparro, C. (2017). Evolución de la educación superior a distancia: desafíos y oportunidades para su gestión. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (50), 80-105. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/814/1332>.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Mecánico Industrial, Hugo Humberto Rivera Pérez, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. Maestro en Gestión Industrial, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. Estudiante de Doctorado en Investigación. FIUSAC.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería, USAC.

Licenciada en Matemática Aplicada, Mayra Virginia Castillo Montes, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995. Doctorado en Educación con Especialidad en Mediación Pedagógica, Universidad De La Salle, Costa Rica, 2009.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería, USAC.

DELIMITACIÓN DE ÁREAS METROPOLITANAS: REVISIÓN DE TENDENCIAS, ENFOQUES Y OPORTUNIDADES INVESTIGATIVAS

Delimitation of metropolitan areas: review of trends, approaches and research opportunities

Mayra Virginia Carvajal Castillo

Mtra. en Estadística Aplicada
mayracarvajalcastillo91@gmail.com

José Luis Argueta Mayorga

Dr. en Ciudad, Territorio y Sostenibilidad
jlam.argueta@gmail.com

Recibido: 26 de junio de 2023. | Revisado: 24 de agosto de 2023. | Aprobado: 30 de octubre de 2023.

RESUMEN

La revisión de la literatura permite identificar que la delimitación de un área metropolitana es un campo abierto a la investigación ya que no existen metodologías generales ni criterios unificados aplicables a cualquier contexto; en otros ámbitos se relaciona con el diseño de políticas y planes de desarrollo urbano, ordenamiento territorial y gobernanza. Las tensiones teóricas en la delimitación de un área metropolitana surgen al considerar las áreas y límites municipales como base, mientras otra tendencia muestra la insuficiencia de este enfoque para explicar los procesos de metropolización de la ciudad moderna en diferentes contextos. Existen investigaciones en grandes ciudades con alto grado de desarrollo económico, industrial, financiero y social, caracterizados por altas densidades poblacionales, alto flujo de movilidad y alto nivel de información estatal sistematizada y disponible. Se identifica la importancia de estudiar la delimitación de áreas metropolitanas intermedias y pequeñas, con desarrollo lento e información de país limitada.

PALABRAS CLAVE

Área metropolitana, delimitación, metodologías, límites administrativos, límites funcionales.

ABSTRACT

The review of the literature makes it possible to identify that delimitation of a metropolitan area is a field open to research since there are no general methodologies or unified criteria applicable to any context; in other instances, it is related to the design of urban development policies and plans, land use planning and governance. Theoretical tensions in the delimitation of a metropolitan area arise when considering the municipal areas and limits as a base, while another tendency shows the insufficiency of this approach to explain the processes of metropolization of the modern city in different contexts. There is research in large cities with a high degree of economic, industrial, financial and social development, characterized by high population densities, a high flow of mobility and a high level of systematized and available state information. The importance of studying the delimitation of intermediate and small metropolitan areas, with slow development and limited country information, is identified.

KEYWORDS

Metropolitan area, delimitation, methodologies, administrative limits, functional limits.

INTRODUCCIÓN

La delimitación de un área metropolitana es un campo abierto a la investigación pues no existen metodologías generales ni criterios unificados aplicables a cualquier contexto (Salom, Thomas y Montero, 2021); los avances en su estudio abarcan perspectivas como la geografía económica, la planificación urbana, el ordenamiento territorial, la gobernanza, desarrollo de infraestructura, entre otros (McMillen, 2001; Feria Toribio, 2008; Lin, Allan, Cui y McLaughlin, 2012; Ruiz, 2018; Salom, Thomas y Montero, 2021).

Las áreas metropolitanas se originan a partir de la expansión de las características urbanas de un núcleo histórico que se reconoce como una ciudad relevante en el contexto (Martínez de Lejarza, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002). El fenómeno metropolitano se asocia con diversidad de medios de transporte (Nivón, 2003), incremento de densidad poblacional en el núcleo (Cárdenas, 2014), cambios en la dinámica de movilidad (Evans, 2020), desarrollo industrial y tercerización de servicios (Hernández, 2021), incremento o mejora de vías de comunicación y descentralización residencial (Ramírez, 2009; Salom, Thomas y Montero, 2021), surgimiento de grandes centros comerciales, culturales y recreativos (Sánchez y Cebrián, 2021).

Las características metropolitanas se distribuyen de forma heterogénea disminuyendo a medida que se incrementa la distancia al centro (Martínez de Lejarza, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002), así como la dificultad que implica la transformación de la ciudad compacta en ciudad difusa que sobrepasa los límites administrativos (Indovina, 2009; Salom y Albertos, 2014; Urriza, 2019). Conceptualmente, no existe consenso en la definición de área metropolitana y su delimitación se realiza con criterios múltiples, diferentes metodologías y condiciones contextuales específicas (Taubenböck, Esch, & Staab, 2019).

La pregunta orientadora para la revisión de literatura es: ¿Cuáles son los conceptos, metodologías, variables y tecnologías que permiten delimitar las áreas metropolitanas?

Se identifican tensiones teóricas que se perciben interrelacionadas:

- a) Diferencias en los límites administrativos y límites funcionales de las áreas metropolitanas.
- b) Diferenciación entre lo urbano y lo rural al variar los límites de un área metropolitana.
- c) La dinámica de expansión de la ciudad en torno a un centro o a varios centros implica diferencias en la delimitación de la metrópoli real y las zonas intersticiales.
- d) Diferencias en la definición operativa de la movilidad.
- e) Marcadas diferencias entre países en cuanto a la información sistematizada y accesible sobre movilidad humana y otros indicadores, ya que cuando no se cuenta con información que permita realizar una delimitación se requiere de grandes esfuerzos para generar datos e información, así como de su procesamiento.

DESARROLLO DEL TEMA

Con el propósito de analizar los conceptos, metodologías, variables y tecnologías que se involucran en la delimitación de un área metropolitana, se combinan como palabras clave en motores de búsqueda área metropolitana más uno o varios de los aspectos priorizados en la pregunta orientadora; con base en ello se seleccionan 60 artículos publicados de 1975 a 2022, que abarcan áreas geográficas en los continentes americano, europeo y asiático.

En la figura 1 se muestra un esquema de la combinación de palabras clave para la búsqueda de literatura.



Figura 1. Elementos de la pregunta orientadora para búsqueda de literatura

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar como criterio de selección la relación con la delimitación de un área metropolitana, se reduce la base a 48 artículos y se toman de referencia 30 para este documento. Para cada uno de los artículos se registran aportes, conceptos, metodología, variables, limitaciones, resultados empíricos relevantes, criterios, temas potenciales de investigación y se procede a su comparación.

Se presentan los resultados más relevantes de la revisión de la literatura con relación a las tensiones teóricas, tendencias investigativas y vacíos de conocimiento que fundamentan la propuesta de un estudio para el área metropolitana de la ciudad de Guatemala.

La delimitación y estudio de áreas metropolitanas da inicio en Estados Unidos a mediados del siglo XX, con base en datos censales e información oficial de centros estatales de estadísticas de la población, con el propósito de determinar los lugares geográficos con densidad poblacional en crecimiento (De Esteban, 1981). Según Vinuesa (1975), el crecimiento poblacional trae como consecuencia el desarrollo urbano y económico que permite identificar regiones geográficas que funcionan como atractores y que posteriormente son llamadas zonas metropolitanas.

El proceso de delimitar espacialmente un área metropolitana se relaciona con la intención de

dimensionar el grado en que los procesos urbanos superan los límites territoriales y administrativos de la ciudad tradicional como producto de diversos factores locales y globales; es decir, se identifican diferencias entre los límites territoriales de carácter político-administrativo y los límites funcionales de una ciudad contemporánea en continua transformación (Feria Toribio, 2004).

Una disyuntiva importante de considerar al momento de delimitar un área metropolitana es si se tomarán en cuenta o no, las unidades territoriales administrativas de los sitios en estudio (municipios, condados, distritos o suburbios). Una de las implicaciones de la forma de delimitación espacial que se adopte en una investigación, es que se pueden obtener resultados diferentes en los límites del área metropolitana (Liu, Dong y Chi, 2010).

Alrededor de la forma de delimitación que considera como base el municipio o una unidad territorial análoga, se identifica una tendencia investigativa consolidada que enfatiza las ventajas de conservar las unidades estadísticas utilizadas en censos poblacionales y encuestas de país relacionadas con la movilidad, vivienda, acceso a servicios y otras (Martínez de Lejarza, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002; Feria Toribio, 2008; Tong y Plane, 2014; Ouředníček Nemeškal, Špačková, Hampel & Novák, 2018; Sánchez y Cebrián, 2022). Otro criterio para adoptar el municipio como unidad territorial para establecer los límites espaciales del área metropolitana, es el carácter legal de los límites municipales del núcleo del área metropolitana y de los municipios que configuran el área de influencia (Souza, 2010; Valladares, 2019).

La expansión del fenómeno metropolitano rebasa los límites políticos-administrativos, pues la transformación es dinámica y los límites territoriales son estáticos.

En una tendencia opuesta y más reciente que la anteriormente descrita, otros investigadores

adoptan una forma diferente para delimitar un área metropolitana con el propósito de superar las divisiones territoriales de carácter administrativo y la naturaleza estática de los límites municipales. En esta tendencia se ubican Liu, Dong y Chi (2010), que trabajan con base en datos satelitales de la expansión urbana, así como Gómez, Vieira y Hernández (2020), que reconocen la utilidad de los datos estadísticos municipales pero proponen un enfoque diferente para la delimitación de las áreas metropolitanas en la península Ibérica, para superar la desigualdad entre los municipios, la falta de homogeneidad en las políticas administrativas y los sesgos interpretativos que genera la consideración de límites municipales o provinciales.

Se identifica que la evolución de las áreas metropolitanas no se adapta a límites municipales o distritales de carácter administrativo (Feria Toribio, 2004), por lo que es un tema abierto a la investigación la generación de aportes en cuanto a la identificación de otras formas distintas a los límites municipales para delimitar un área metropolitana, que se adapten a la realidad de la región en estudio y permitan fortalecer el reconocimiento de la dinámica propia de la zona metropolitana, con propósitos diversos como el de propiciar la mejora de la gobernanza y mitigar los impactos a la población de la descoordinación administrativa de diferentes municipios (Ruiz, 2018; Selva, 2020).

Es un tema abierto a la investigación la identificación de metodologías alternativas para delimitar áreas metropolitanas.

En el análisis del problema de la definición de los límites de un área metropolitana, se han formulado interrogantes sobre la estructura funcional de la región cuya delimitación es objeto de estudio, es decir, se indaga si la ciudad que interesa estudiar se extiende a partir de un centro o si se comporta como un sistema policéntrico (Feria Toribio, 2004). La estructura tradicional de las ciudades es mono céntrica, donde se presenta una concentración de la mayoría de empleos

en un centro o distrito de negocios; sin embargo, el crecimiento de las ciudades no es uniforme y se ha encontrado que la expansión territorial puede causar la migración de las fuentes de empleo, lo que a su vez causa que se creen otros centros financieros y por ende, se incrementa la migración de la fuerza laboral fuera del centro principal (Lin, Allan, Cui y McLaughlin, 2012).

El enfoque policéntrico diferencia otros núcleos que interactúan con el núcleo central con incidencia en el fenómeno de la movilidad, congestiones de tráfico y potencialidades de expansión de los límites del área metropolitana (Gómez, Viera y Hernández, 2019).

Sobre la consideración de la estructura interna de la ciudad como parte de la metodología para la delimitación del área metropolitana, hay varias tendencias:

- a) Se asume un comportamiento monocéntrico con base en criterios históricos o legales, como el caso de la ciudad de Guatemala (Valladares, 2019), en el que se descarta sin analizar la posibilidad del comportamiento policéntrico en lugar del modelo monocéntrico tradicional.
- b) Se verifica la estructura policéntrica existente o en gestación a partir de información económica, estadísticas de población, movilidad residencia-trabajo, densidad de empleos y vías de comunicación de acceso al núcleo histórico (Truffello e Hidalgo, 2015).
- c) Se omite la consideración de la estructura de la ciudad utilizando datos sobre dinámicas de movilidad humana captados por satélites (Lui, Murayama e Ichinose, 2021), o por medio de telefonía móvil y otros medios (Ouředníček et al., 2018). Con este mismo enfoque, se distinguen estudios centrados en la identificación de intensidades de movilidad dentro de las áreas metropolitanas que toman en cuenta áreas de negocios, densidad de empleo, industrias, centros de residencia y espacios sociales (McMillen, 2001).

En la mayoría de los estudios revisados se enfatiza la delimitación de áreas metropolitanas de ciudades con grandes densidades poblacionales y alto desarrollo, debido a cambios evidentes en aspectos demográficos, territoriales y funcionales, pero hace falta investigar los procesos de delimitación espacial y funcional de ciudades en la que hay indicios de expansión que supera los límites administrativos, aunque con diferentes niveles de desarrollo y tamaños poblacionales menores a las grandes metrópolis (Gómez, Vieira y Hernández, 2019; Sánchez y Cebrián, 2021)

Se visualiza un campo abierto a la investigación, la delimitación de áreas metropolitanas en países con procesos lentos de desarrollo, menores tamaños poblacionales y escasa información sistematizada.

En ese proceso, la dicotomía entre lo urbano que caracteriza a las áreas metropolitanas de megaciudades y lo rural de las áreas alejadas, se transforma con los aportes de Tong y Plane (2014), al diferenciar la delimitación de áreas metropolitanas y micropolitanas con base en datos censales, densidad poblacional y dinámicas locales de movilidad. Estos autores conceptualizan un área micropolitana de dos formas: la primera, como un territorio intersticial entre áreas metropolitanas en aquellas zonas densamente pobladas; en la segunda, es un área alejada de zonas metropolitanas que funciona como un área central en zonas predominantemente rurales.

Existen posibilidades de hacer aportes en cuanto a la comprensión de procesos vitales para delimitar un área metropolitana, tales como las dinámicas y patrones de movilidad humana en países que no cuentan con esa información.

Respecto a la metodología para la delimitación de un área metropolitana Ouředníček et al. (2018) identifican tres enfoques: el enfoque ecológico que

se basa en la densidad poblacional y el tamaño de la población. El enfoque económico que mide la estructura económica de la población, patrones de movilidad y concentración del empleo entre otros, es la base para las áreas metropolitanas estadísticas y las áreas de trabajo metropolitano. El enfoque social mide el clima social, la cohesión social, satisfacción residencial y otras, concibiendo la ciudad como espacio socialmente construido.

Estos enfoques no son mutuamente excluyentes y la elección se refleja en las posturas teóricas y metodológicas que se asumen para estudiar la evolución de las áreas metropolitanas y el establecimiento de sus límites. Así, es posible identificar estudios que se realizan con enfoque económico (Feria Toribio, 2008; Truffello e Hildalgo, 2015; Liu, Murayama & Ichinose, 2021), otros con enfoque mixto ecológico y económico (Muñiz, Galindo y García, 2003; Liu, Dong y Chi, 2010; Souza, 2010; Tong y Plane, 2014; Tonev et al, 2017; Valladares, 2019; Gómez, Vieira y Hernández, 2019; Sánchez y Cebrián, 2022) y otros que incluyen aspectos ecológicos, económicos y sociales (Martínez de Lejarza y Martínez, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002; McMillen, 2002; Ouředníček et al., 2018; Hernández, 2021).

En cada uno de los enfoques descritos destaca el uso de información acerca de densidad poblacional, densidad de empleo, densidad comercial, población empleada, valor de la tierra, usos del suelo, migración interna y externa, así como la originada por encuestas de origen y destino con alto grado de desagregación nacional y municipal, entre otros.

Así, una dificultad latente en el problema de establecer los límites del área metropolitana y la expansión periurbana es el grado de recolección y sistematización de estadísticas y datos macroeconómicos, información de movilidad de la población a nivel de país, pues las características de expansión difieren de una región a otra (Mortoja, Yogitcanlar & Mayere, 2020).

Con relación a la tecnología aplicada en los estudios, se reporta el uso de chip con un millón y medio de ciudadanos voluntarios de Pekín, para recolectar información acerca de los tiempos, distancias, origen y destino de los viajes que realizan (Liu, Murayama & Ichinose, 2021), lo cual se considera sólo al alcance de las megaciudades con alto desarrollo tecnológico y económico. El uso de la telefonía celular se constituye en un medio accesible de utilizar (Ouředníček et al., 2018), aunque con el sesgo que puede inducir en ciudades intermedias y pequeñas la exclusión de la proporción de ciudadanos que no usen esos aparatos o bien, la factibilidad de acceso a esa información. También se reporta el uso de información e imágenes satelitales combinados con sistemas de información geográfica para analizar la expansión de los límites del área metropolitana (Liu, Dong y Chi, 2010).

Las formas emergentes de expansión metropolitana no se adaptan a los límites administrativos, por ello es necesario investigar otros acercamientos metodológicos.

Otro importante resultado de la revisión de la literatura es la adhesión a la tendencia investigativa que postula que las formas emergentes de expansión metropolitana evidencian la necesidad de establecer metodologías alternativas para estudiar un territorio disperso, cambiante y contradictorio, que incorpora el concepto de gradiente de urbanización (Taubenböck, Esch, & Staab, 2019) para referirse a la intensidad de flujos de movilidad, intensidad de edificación, vías de comunicación y desarrollo económico (Gómez, Vieira y Hernández, 2019; Salom, Thomas y Montero, 2021). Dichas aproximaciones metodológicas no consideran el municipio como la unidad territorial básica ni las estadísticas demográficas asociadas, por lo que los procesos de delimitación están abiertos a la investigación (Sánchez y Cebrián, 2021), con base en variables como la movilidad urbana, los usos y precios del suelo, vías de comunicación, así como las barreras impuestas por la geografía del territorio y la infraestructura (Indovina, 2009; Salom, Thomas y Montero, 2021).

SÍNTESIS CONCLUSIVA

Se identifican dos posturas investigativas diferenciadas con respecto a considerar a los municipios como unidades territoriales y económicas de base (Martínez de Lejarza, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002; Feria Toribio, 2008; Souza, 2010; Tong y Plane, 2014; Ouředníček et al., 2018; Valladares, 2019; Sánchez y Cebrián, 2022), y otra tendencia que postula formas alternativas de definir los límites de un área metropolitana que permitan superar las barreras administrativas y generen resultados más consistentes con la dinámica de variación de la ciudad (Lui, Dong y Chi, 2010; Gómez, Vieira y Hernández, 2020).

La dinámica de expansión de las ciudades no se adapta a límites municipales o distritales de carácter geográfico-administrativo (Feria Toribio, 2004), por lo que se requiere de enfoques alternativos para delimitar áreas metropolitanas, que permitan superar el carácter estático de los límites territoriales de los municipios (Sánchez y Cebrián, 2022). Lo anterior, permite identificar que existe un vacío de conocimiento en cuanto a una forma generalizada de definir otros acercamientos alternativos a considerar a los municipios como unidades base y se requiere investigar sobre su funcionalidad en diferentes contextos.

Los estudios sobre la delimitación del área metropolitana muestran diferentes alcances, enfoques y variables; es posible identificar estudios que se realizan con enfoque económico (Feria Toribio, 2008; Trufelo e Hildalgo, 2015; Liu, Murayama & Ichinose, 2021), otros con enfoques mixtos ecológico y económico (Muñiz, Galindo y García, 2003; Liu, Dong y Chi, 2010; Souza, 2010; Tong y Plane, 2014; Tonev et al, 2017; Valladares, 2019; Gómez, Vieira y Hernández, 2019; Sánchez y Cebrián, 2022) y otros que incluyen aspectos ecológicos, económicos y sociales (Martínez de Lejarza, I. y Martínez de Lejarza, J., 2002; McMillen, 2002; Ouředníček et al., 2018; Hernández, 2021). También existen notorias diferencias en la información de país que se utiliza; por lo que no hay unificación de metodologías y los resultados son relativos al contexto y la temporalidad analizada.

Los autores consultados aportan metodologías con carácter local que deben revisarse y afinarse, aplican modelos estadísticos que deben validarse en otros contextos y presentan resultados que pueden variar de acuerdo con condiciones locales. Coinciden en la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para representación de la información georreferenciada para la elaboración de mapas.

La mayoría de los estudios revisados analizan ciudades con altas densidades poblacionales o territorios extensos como Pekín (Lui, Murayama & Ichinose, 2021) y Praga (Ouředníček et al., 2018), con herramientas e información que se consideran sólo al alcance de las megaciudades con alto desarrollo tecnológico y económico. Sin embargo, hace falta investigar procesos de delimitación espacial y funcional de ciudades con indicios expansión metropolitana de ciudades con diferentes niveles de desarrollo, menor extensión territorial o tamaño poblacional (Sánchez y Cebrián, 2021).

Esto implica que, en general, el tema de delimitación de un área metropolitana sigue abierto a la investigación; por lo que se visualiza la oportunidad de realizar aportes en este campo a partir de otros enfoques diferentes y ante todo, se considera un reto la generación de información que permita trazar los límites de un área metropolitana en regiones en las que no se tenga disponible a nivel de país.

REFERENCIAS

Cárdenas Gómez, E. P. (2014). Dinámicas demográficas en tres zonas metropolitanas de México: Acapulco, Cancún y Puerto Vallarta. *Espacios Públicos*, 17(40), 69-93. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67632401005>.

De Esteban, A. (1981). *Las áreas metropolitanas en España. Un análisis ecológico*. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid. Recuperado de: https://webs.ucm.es/info/eurotheo/diccionario/A/area_metropolitana.pdf

Evans Morales, F. (2020). Habitar en movimiento: La ciudad comprendida desde el espacio público y la movilidad urbana. *Discursos Del Sur, Revista De teoría crítica En Ciencias Sociales*, (6), 149–175. <https://doi.org/10.15381/dds.v0i6.19323>

Feria Toribio, J. (2004). Problema de definición de áreas metropolitanas en España. *Boletín de la A.G.E.N.*, (35), 88-99. Recuperado de: [file:///C:/Users/casti/Downloads/DialnetProblemasDeDefinicionDeLasAreasMetropolitanasEnEsp-1079120%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/casti/Downloads/DialnetProblemasDeDefinicionDeLasAreasMetropolitanasEnEsp-1079120%20(3).pdf)

Feria Toribio, J. (2008). Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas en España a partir de la variable residencia-trabajo. *Investigaciones Geográficas*, (46), 49-68. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3126190>

Gómez Giménez, J. M., Vieira, T. y Hernández Aja, A. (2020). Procesos urbanos funcionales en Iberia: una aproximación a la integración del territorio urbano más allá de la metropolización. *Cuadernos Geográficos*, 59(2), 93-128. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.9542>

Hernández-Reyes, M. (2021). Zonificación urbana y el género como una de las variables en su conformación. División funcional en la zona metropolitana de Monterrey (ZMM), Nuevo León, México. *Entorno Geográfico*, (22), 56-78. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i22.11346>.

Hernández-Reyes, M. (2022). Análisis de recorridos vivienda-trabajo productivo realizados por mujeres con distinta carga reproductiva en la zona metropolitana de Monterrey, México. *Journal Entorno Geográfico*. (23), e20111712. DOI: 10.25100/eg.v0i23.11712

Indovina, F. (2009). Ciudad difusa y archipiélagos metropolitanos. *Ciudades, Comunidades*

- e Territorios*, (18), 13- 28. Recuperado de: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/3324/1/Cidades2009-18_Indovina.pdf
- Lin, D., Allan, A., Cui, J. y Mclaughlin, R. (2012). Los efectos del desarrollo policéntrico en los patrones de desplazamiento en las áreas metropolitanas. *Asociación de Estudios Regionales*, 1-12. Recuperado de: https://www.regionalstudies.org/wp-content/uploads/2018/07/Dong_Lins_Final_Paper_for_RSA_Beijing_Global_Conference_of.pdf
- Liu, L., Dong, x., & Chi, S. (2010). Quantitative Delimitation of Metropolitan Areas Based on a Synthetic Method: Case Study in the Lanzhou Metropolitan Area. *Journal of urban planning and development*, 357-364. DOI: 10.1061/_ASCE_UP.1943-5444.0000029
- Lui, K., Murayama, Y., & Ichinose, T. (2021). *Exploring the relationship between functional urban polycentricity and the regional characteristics of human mobility: A multi-view analysis in the Tokyo metropolitan area*. *Journal Cities* (111), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103109>
- McMillen, D. (2001). Polycentric urban structure: The case of Milwaukee. *Economic Perspectives*, 25(2), 15-27.
- Martínez de Lejanza, I. y Martínez de Lejarza, J. (2002). Delimitación de áreas metropolitanas mediante un modelo anisótropo de decrecimiento exponencial. Una aplicación al caso del área metropolitana de Valencia. *Estudios de Economía Aplicada*, 20 (2), 471-486. ISSN: 1133-3197. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30120203>
- Mortoja, M. G., Yogitcanlar, T. & Mayere, S. (2020). ¿Cuál es el enfoque metodológico más adecuado para demarcar áreas periurbanas? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista Política del uso de la tierra*, (95). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104601>
- Muñiz, I., Galindo, A. y García, M. A. (2003). Cubic Spline Population Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona. *Urban Studies*, 40(7), 1303–1321. <https://doi.org/10.1080/0042098032000084613>
- Nivón, E. (2003). *Las contradicciones de la ciudad difusa*. *Alteridades*, 13 (26), 15-33. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74702603>
- Ouředníček, M., Nemeškal, J., Špačková, P. Hampl, M & Novák, J. (2018). A synthetic approach to the delimitation of the Prague Metropolitan Area, *Journal of Maps*, 14(1), 26-33, DOI: 10.1080/17445647.2017.1422446
- Ramírez, B. (2009). Alcances y dimensiones de la movilidad: aclarando conceptos. *Revista Ciudades*, 82, 1-18. Recuperado de: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/documentos839/docs/wwwciudades82ramirez.pdf>
- Ruiz, O. (2018). *Zonas metropolitanas vs autoridades fragmentadas*. Recuperado de: <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2018/11/h.Zonas-metropolitanas-ICU-2018.pdf>
- Salom, J. y Albertos, J. (2014). Delimitación y caracterización de los nuevos espacios urbanos valencianos. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 64, 127-149.
- Salom, J., Thomas, I., y Montero, G. (2022). Delimitación y caracterización morfométrica del área metropolitana de Valencia. *Cybergeo: Journal Europeo de Geografía. Espacio*,

Sociedad y Territorio. <https://doi.org/10.4000/cybergeo.37930>

Sánchez Ondoño, I., y Cebrián Abellán, F. (2021). La reterritorialización de las ciudades intermedias. Propuesta metodológica para delimitar áreas urbanas: el caso de las capitales de provincia de Castilla-La Mancha. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (92). <https://doi.org/10.21138/bage.3194>

Souza González, E. (2010). La Zonificación de Áreas Metropolitanas en la Contemporaneidad Latinoamericana. *Urbano 13(22)*, 78-86. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19817730010>

Taubenböck, H., Esch, T. & Staab, J. (2019). A new ranking of the world's largest cities—Do administrative units obscure morphological realities?. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111353>

Tonev, P., Dvořák, Z., Šašinka, P., Kunc, J., Chaloupková, M., y Šilhan, Z. (2017). Different approaches to defining metropolitan areas (case study: cities of Brno and Ostrava, Czech Republic). *Geographia Technica 12(1)*, 108-120. DOI: 10.21163/GT_2017.121.11

Tong, D. & Plane, D. (2014). Una nueva perspectiva de optimización espacial en la delimitación de áreas estadísticas metropolitanas y micropolitanas. *Geographical Analysis*, 46(3), 230-249- <https://doi.org/10.1111/gean.12037>

Truffello, R. y Hidalgo, R. (2015). Policentrismo en el Área Metropolitana de Santiago de Chile: reestructuración comercial, movilidad y tipificación de subcentros. *EURE*

Urriza, G. (2019). Aproximación a la trayectoria internacional del concepto de ciudad difusa. *Párrafos geográficos*, 18(2), 69-78.

Recuperado de: <http://www.revistas.unp.edu.ar/index.php/parrafosgeograficos/article/view/692/553>

Valladares Vielman, L. (2019). *Área de influencia urbana de la Ciudad de Guatemala: regionalización y propuesta para la creación del Distrito Metropolitano*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios Urbanos y Regionales.

Vinuesa Angulo, J. (1975). *Sobre el concepto de área metropolitana*. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma de Madrid, 1143-1156. Recuperado de: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668499?show=full>

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniera Industrial Mayra Virginia Carvajal Castillo, Facultad de Ingeniería, USAC, 2016. Maestra en Estadística Aplicada, Escuela de Estudios de Postgrado, FIUSAC, 2018. Estudiante de Doctorado en Investigación. FIUSAC.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ingeniero Civil José Luis Argueta Mayorga, Facultad de Ingeniería, USAC, 2005. Maestro en Ingeniería Vial, Escuela de Estudios de Postgrado, FIUSAC, 2010. Doctor en Ciudad, Territorio y Sostenibilidad, Universidad de Guadalajara, México, 2017.

APLICACIÓN DE SERIES TEMPORALES PARA LA DETECCIÓN DE PATRONES Y PROYECCIÓN DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR

Application of time series for the detection of patterns and projection of lost time in cane sugar processing

Angel Oseas Ajcabul Raxhón

Mtro. en Estadística Aplicada
Ing.qind@gmail.com

Byron de Jesús López Maldonado

Mtro. en Energía y Ambiente
bjlm1962@yahoo.com

Recibido: 22 de octubre de 2022. | Revisado: 24 de marzo de 2023. | Aprobado: 8 de mayo de 2023.

RESUMEN

En esta investigación se utiliza la información sobre los tiempos perdidos en un ingenio azucarero con el fin de apoyar en la toma de decisiones al realizar planes de mitigación de los paros de molienda.

Se aborda inicialmente con la categorización de los tiempos perdidos para su posterior clasificación mediante el principio de Pareto, luego se presenta un análisis descriptivo de la serie temporal de los paros de molienda en frecuencia y duración, terminando con un pronóstico de los tiempos perdidos para los primeros 15 días de la zafra 20-21, al aplicar el método de Holt-Winters. Los resultados obtenidos muestran que la calidad de la materia prima y las fallas de los equipos, constituyen la fuente principal de los paros de molienda y se sugiere que se tomen en cuenta al momento de desarrollar planes de mejora en la fabricación del azúcar.

PALABRAS CLAVE

ARIMA, Holt-Winters, principio de Pareto, tiempos perdidos, fabricación de azúcar.

ABSTRACT

This research focuses on using the information on lost time in a sugar mill to support decision-making when carrying out mill stoppage mitigation plans.

It is approached initially with the categorization of the lost time for their subsequent classification by means of the Pareto principle, then a descriptive analysis of the time series of the milling stops in frequency and duration is presented, ending with a forecast of the lost time for the first 15 days of the 20-21 harvest, using the Holt-Winters method. The results obtained show that raw material quality and equipment failures constitute the main causes for lost time, and it is suggested that they be considered when developing improvement plans in cane sugar processing.

KEYWORDS

ARIMA, Holt-Winters, Pareto principle, lost times, sugar manufacture.

INTRODUCCIÓN

El azúcar es una materia prima cuyo precio es determinado por la oferta y demanda del mercado internacional, motivo por el cual, los ingenios azucareros buscan constantemente la mejora y optimización de sus procesos para aumentar el margen de ganancia al producirlo. El costo de producción del azúcar muchas veces se ve afectado por la cantidad de tiempos perdidos que se puedan presentar durante cada zafra, siendo una oportunidad de mejora evidente.

Este trabajo presenta una metodología para aprovechar los registros de los tiempos perdidos de un ingenio azucarero en Guatemala, mediante la categorización, clasificación, descripción y aplicaciones de series temporales para proyectar los paros de molienda de la zafra 20-21 a partir de datos de las zafras 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Se identifican escasos estudios sobre los tiempos perdidos aplicados a la industria azucarera, pero se toma de referencia la investigación que reportan Garcés y Castrillón (2017).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio tiene un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental de tipo longitudinal, pues se analizan los registros de los tiempos perdidos que afectan la producción de azúcar en un ingenio de Guatemala, desde el año 2017 hasta el año 2020, con los cuales se hacen estimaciones de frecuencia y duración para un período posterior. El alcance inicial de la investigación es descriptivo porque aplica un método para analizar los registros de los tiempos perdidos e identificar las causas principales; se finaliza con un alcance explicativo al determinar la ocurrencia en función del tiempo y hacer proyecciones para el año 2021. Entre los objetivos de la investigación se encuentran: identificar las causas principales de los tiempos perdidos en las zafras (2017-2020), así como describir los patrones de ocurrencia de los paros de molienda y con ello, realizar un pronóstico para la zafra 20-21.

Los resultados de esta investigación se obtienen mediante la aplicación del principio de Pareto (Koch, 2013), para la clasificación de los paros de molienda que más influyen en la producción. La descomposición de las series temporales que representan la frecuencia, duración y proyección, se realizan mediante la técnica de Holt-Winters y ARIMA (Caridad, 2012), para seleccionar el mejor modelo con el criterio de pérdida de información BIC y AIC, con el soporte del programa Python y el software Minitab 19.

RESULTADOS OBTENIDOS

La categorización de los tiempos perdidos se hace en función de las causas comunes que presenten al momento de su ocurrencia, dentro de esta categorización se pueden encontrar los relacionados con la materia, fallas en equipos y otros relacionados con piedras atoradas en la línea de producción. Luego se muestran los tiempos perdidos que influyen más en la producción, aplicando el principio de Pareto en función de la duración y frecuencia. Ver figuras I y II.



Figura 1. Diagrama de Pareto de la duración de tiempos perdidos.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Pareto de la frecuencia de tiempos perdidos.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1
Pronósticos con el método de Holt-Winters

Día	Tiempo [min]	Frecuencia
1	272	5
2	285	4
3	354	4
4	334	4
5	332	4
6	302	4
7	307	3
8	269	5
9	282	4
10	350	4
11	331	4
12	329	4
13	299	4
14	304	3
15	266	5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se muestran los pronósticos de los tiempos perdidos para la duración (minutos) y la frecuencia (recuento de eventos) de los primeros 15 días de operación de la zafra 20-21m utilizando la técnica de Holt Winters (la técnica con mejor ajuste en comparación con los pronósticos usando el método ARIMA).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En su investigación Garcés y Castrillón (2007), condensan los tiempos muertos en cinco grupos según la naturaleza del acontecimiento registrado, a diferencia de la presente investigación en la que se categorizan los tiempos perdidos en seis grupos importantes, debido a la complejidad del proceso de producción y a los diferentes departamentos que aportan el abastecimiento de insumos, siendo estos los relacionados con la materia prima, fallas en los equipos, mantenimientos, fallas en la operación y otros (el resto de los problemas que son menos frecuentes).

De acuerdo con el principio 80-20 (Koch, 2013), la mayor parte de los efectos provienen de unas cuantas causas, por lo que se identifican las que mayor impacto tienen en el período analizado en función de la frecuencia y la duración, esto se muestra en la Figura 1 y Tabla 1, respectivamente. Los 10 problemas que causan el 80 % del tiempo total de paro registrado se deben a la materia prima, fallas en equipos, mantenimientos programados y problemas de abastecimiento. Según Pérez, Navarro y Garrido (2014), los tiempos perdidos relacionados con la materia prima provocan una reducción en las ganancias de hasta el 20 %, mostrando una oportunidad importante para profundizar y cuantificar las pérdidas obtenidas.

Un resultado interesante obtenido de la clasificación es que los problemas con mayor tiempo acumulado pueden ser por diversas causas (materia prima, abastecimiento, fallas en equipos y problemas menores), pero los problemas cuya frecuencia acumulada es alta, están asociados únicamente a la

materia prima, fallas en equipos y en menor proporción con los problemas menores.

Los resultados que se incluyen en la tabla 1 muestran los pronósticos obtenidos con el método de Holt-Winters, comparado con el método ARIMA. Se estiman 61 paros de molienda, acumulando 4,616 minutos y un tiempo medio de 30 minutos. Tal y como lo indican Contreras, Zúñiga, Martínez y Sánchez (2016), la técnica de suavizado exponencial triple o Holt Winters, es sencilla, pero con un buen ajuste para hacer pronósticos. En los resultados de esta investigación, se identifica como el mejor modelo obtenido. Los resultados muestran que los tiempos perdidos se relacionan con la materia prima y las fallas en los equipos en la línea de producción. El mejor modelo para los pronósticos de los tiempos es el de Holt-Winters, estimando más de cuatro mil minutos acumulados para la zafra 20-21.

CONCLUSIONES

1. La categorización de los paros de molienda permite dividirlos en seis grupos, los cuales son: materia prima, fallas y mantenimiento de equipos, abastecimiento de materia prima, fallas en la operación y otros restantes.
2. El 20 % de los problemas que provocan el 80 % del tiempo perdido total registrado son: tanques llenos (meladura, miel y jugo), bajo brix de meladura, falta de caña, caña y bagazo atorado, mantenimientos, limpieza de tacho continuo, cadenas descarriladas, ajustes y problemas mecánicos en centrífugas, molinos y problemas con piedras.
3. Los paros de molienda que se analizan tienden a tener un comportamiento aleatorio pero con ciclos de siete días, atribuyéndose a los cambios en la calidad de la materia prima y fallas en los equipos de producción, principalmente.

4. El pronóstico obtenido con el método de Holt-Winters estima para los primeros 15 días de la zafra 20-21 un total de 61 paros de molienda y 4,616 minutos de duración total.
5. Los pronósticos para los primeros 15 días de la zafra 20-21 están relacionados con la calidad de la materia prima, mantenimiento de los equipos, problemas mecánicos y eléctricos.

RECOMENDACIONES

A las fábricas de producción de azúcar:

1. Categorizar los problemas que se registren, con el fin de estandarizar el almacenamiento de la información para futuros análisis.
2. Priorizar la mitigación de los problemas identificados con el principio de Pareto, porque son los que mayor impacto tienen en el tiempo perdido total.
3. Analizar desde un punto de vista de asignación, los cambios de turno que ocurren cada siete días (u otro periodo de cambio), pues se detecta un incremento en la descomposición de las series de tiempo.

REFERENCIAS

- Caridad, J. (2012). *Econometría: Modelos econométricos y series temporales*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- Contreras, J., Zúñiga, C., Martínez, J. y Sánchez, D. (2016). *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos*. Universidad ICESI. Puebla, México.
- Garcés, D. y Castrillón, O. D. (2017). *Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir*

los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción. *Información tecnológica*, 28(3), 157-170. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300017>Koch, R. (2013). *The 80/20*

Koch, R. (2013). *The 80/20 Principle and other power laws of nature*. Boston, Estados Unidos: Nicholas Brealey Publishing.

Pérez, I., Navarro, H. y Garrido, N. (2014). *Influencia del tiempo perdido industrial sobre la economía de los ingenios azucareros*. ICIDCA. Ciudad de La Habana, Cuba.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Químico, Angel Oseas Ajcabul Raxhón, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016.

Maestro en Estadística Aplicada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021.

Afiliación laboral: Grupo CEMACO. Guatemala.

Ingeniero Químico, Byron de Jesús López Maldonado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.

Maestro en Energía y Ambiente, Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.

Afiliación laboral: Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.

MODELO DE SERIE TEMPORAL PARA EL PRONÓSTICO DE VENTAS EN UNA CADENA DE RESTAURANTES PARA LA CORRECTA TOMA DE DECISIONES OPERATIVAS Y ESTRATÉGICAS

Time series model for forecasting sales in a restaurant chain for the correct making of operational and strategic decisions

Sergio Eduardo Segura Cordero

Mtro. en Estadística Aplicada
s.segura8@gmail.com

Edwin Adalberto Bracamonte Orozco

Mtro. en Energía y Ambiente
edwinbracamonte@yahoo.com

Recibido: 29 de octubre de 2022. | Revisado: 28 de marzo de 2023. | Aprobado: 13 de mayo de 2023.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es establecer un modelo predictivo de ventas para una cadena de restaurantes de la ciudad de Guatemala, aplicando métodos clásicos de predicción y selección del modelo que mejor se ajuste al comportamiento de los datos, con el objetivo de tomar decisiones más estratégicas.

El método que presenta el menor error de estimación es el Aditivo de Holt-Winter, con el cual se optimizan sus parámetros y se proyectan las ventas para el 2019 y 2020. Los índices estacionales muestran que los meses de octubre, noviembre, diciembre y julio se encuentran por arriba de la tendencia estimada; el mes con menor valor porcentual por debajo de la tendencia es febrero.

Los resultados aportan a la empresa oportunidades de previsión en el área de ventas para los restaurantes para adaptarse a las demandas que exige el mercado.

PALABRAS CLAVE

Pronóstico, Holt-Winter, series de tiempo, productividad, tendencia de ventas.

ABSTRACT

The objective of this research was to establish a predictive sales model for a restaurant chain in Guatemala City, using classic prediction methods and selecting the model that best fits the behavior of the data, with the aim of making more strategic decisions.

The method that presented the smallest error was the Holt-Winter Additive, with which its parameters were optimized, and sales were forecast for 2019 and 2020. The seasonal indexes showed that the months of October, November, December and July were above the estimated trend. The month with the lowest percentage value below the trend was February.

This research allowed the company to have a forecast method in the sales area for restaurants. Achieving reliable data that will prepare the company for the demands required by the market.

KEYWORDS

Forecast, Holt-Winters, time series, productivity, sales trend.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia de negocios enfocada en modelos estadísticos surge con un alto potencial para que las empresas obtengan datos más acertados para la toma de decisiones operativas y estratégicas, es por eso que este estudio se enfoca en la necesidad de implementar un modelo predictivo de ventas utilizando técnicas de series temporales.

Para la construcción de este modelo se utiliza la información histórica de ventas de cuatro años y se delimita el análisis a restaurantes de la ciudad de Guatemala.

Se aplican y comparan seis métodos de predicción, para identificar que el método Aditivo de Holt-Winter es el que presenta menor error cuadrático medio, por lo que se optimizan sus parámetros para un mejor ajuste. Los índices estacionales se calculan por medio del método de medias móviles y se aplica un factor de corrección para optimizar los valores porcentuales.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Con base en la información histórica de ventas que abarca el periodo 2015-2018, se realiza una descomposición de la serie temporal para obtener un primer análisis acerca del comportamiento de sus componentes (Hanke y Wichern, 2006). Se aplican la función autocorrelación para verificar si existe tendencia en los datos y la prueba de Dickey-Fuller para determinar si la serie temporal es estacionaria.

Los métodos de predicción que se aplican son: Promedio Móvil Simple, Promedio Móvil Doble, Suavización Exponencial, Regresión Lineal, Holt, y Holt-Winters, este último es el seleccionado para optimizar sus parámetros, por obtener el menor error cuadrático medio, con base en González (2018).

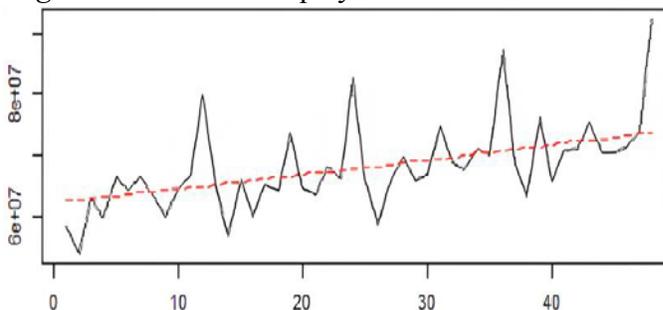
De acuerdo con la estacionalidad y tendencia que se identifica se aplica el método aditivo de Holt-Winter

para ajustar el modelo al comportamiento de la serie de tiempo. El método de medias móviles se utiliza para calcular los índices estacionales, con los cuales se determinan los meses que están arriba y abajo de la tendencia estimada.

RESULTADOS OBTENIDOS

Al descomponer la serie de tiempo se identifica que los datos tienen una tendencia positiva.

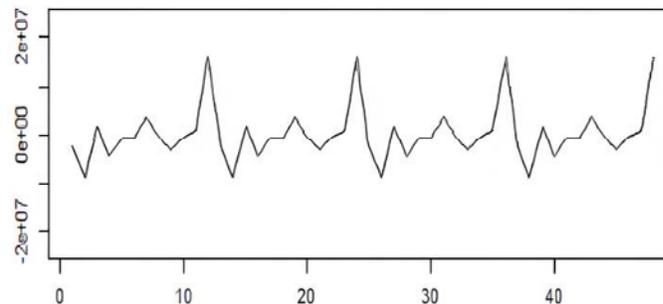
Figura 1. Serie de tiempo y tendencia



Fuente: elaboración propia

También se observa que la serie de tiempo presenta indicios de una componente estacional.

Figura 2. Estacionalidad de la serie de tiempo



Fuente: elaboración propia

Con la gráfica de autocorrelación se observa que existe una alta correlación en $k > 1$, lo que determina que la serie tiene un alto grado de estacionalidad para el periodo $k = 12$, donde existe un valor significativo (cercano a 0.7).

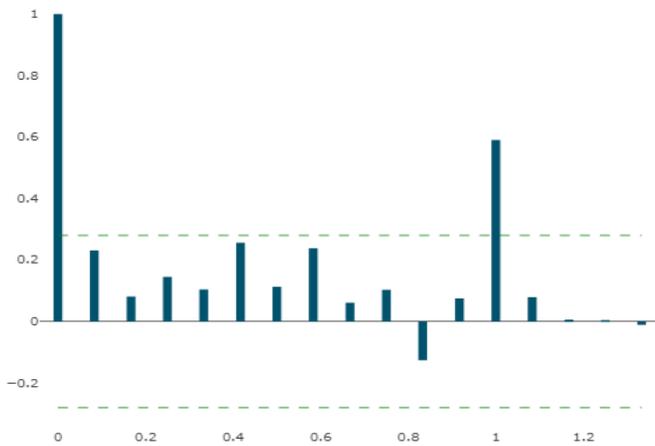


Figura 3. Autocorrelación
Fuente: elaboración propia

Por último y para confirmar la estacionalidad se aplica la prueba de Dickey-Fuller, la cual proporciona un valor de $p=0.01$, menor al nivel de significancia (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis nula, lo que demuestra que la serie tiene un comportamiento estacionario (Sánchez, 2008). De acuerdo con Vélez (2019), el error cuadrático medio permite calcular la diferencia entre el estimador y su valor real, este criterio se aplica a los seis métodos de predicción. El método Holt-Winter presenta el menor error y se selecciona para optimizar sus parámetros.

Tabla 1

Método	ECM
Promedio Móvil Simple	115,410.14
Promedio Móvil Doble	163,653.89
Suavización Exponencial Doble	166,666.88
Holt	93,830.83
Holt-Winter	65,195.23
Regresión Lineal	86,344.57

Errores cuadráticos medios para cada método
Fuente: elaboración propia

Se aplica el método de Holt Winter aditivo para determinar el mejor ajuste al comportamiento de ventas, porque la magnitud de las fluctuaciones estacionales de la serie no cambia significativamente al hacerlo la tendencia.

Tabla 2

Mes	2018	2019	2020
Enero	69.65M	72.62M	79.91M
Febrero	62.40M	66.47M	70.10M
Marzo	70.33M	77.49M	81.13M
Abril	70.82M	71.56M	75.20M
Mayo	71.13M	74.50M	78.14M
Junio	71.05M	74.70M	78.33M
Julio	78.33M	80.07M	83.70M
Agosto	72.22M	74.73M	78.36M
Septiembre	70.87M	74.22M	77.86M
Octubre	74.71M	76.31M	79.95M
Noviembre	74.09M	77.53M	81.16M
Diciembre	90.54M	95.28M	98.91M

Pronóstico mensual de ventas para 2019 y 2020
Fuente: elaboración propia

El error cuadrático medio que se obtiene con este método optimizado es de 54,139, el cual se reduce en un 16.9% respecto al modelo Holt-Winter. Gráficamente se observa que el comportamiento se ajusta bastante al comportamiento de los datos.

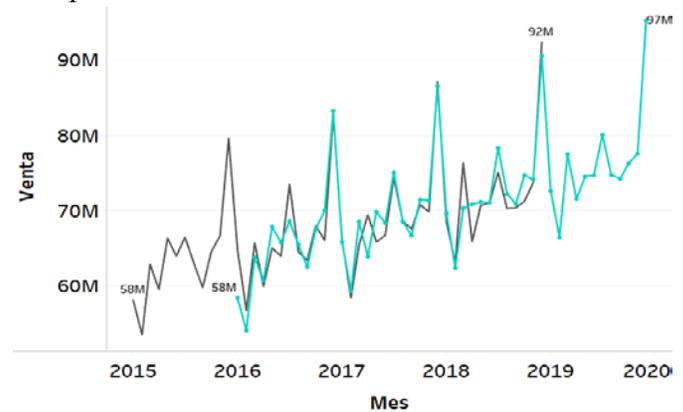


Figura 4. Pronóstico de ventas
Fuente: elaboración propia

Gráficamente, no se identifican valores atípicos o faltantes que provoquen que el comportamiento de los datos fluctúe de manera significativa. También

se determina que los periodos donde existe mayor venta en la cadena de restaurantes son: abril-marzo, diciembre y julio. Aplicando el método de medias móviles se establecen los índices que describen el grado de variación estacional (Richard y David, 2004).

Tabla 3
Índices estacionales

Mes	%	Mes	%	Mes	%
Ene.	98.0	May.	99.4	Sep.	94.9
Feb.	86.7	Jun.	97.8	Oct.	100.8
Mar.	98.5	Jul.	107.4	Nov.	100.2
Abr.	95.4	Ag.	98.0	Dic.	122.9

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La optimización del método aditivo de Holt-Winter permite que el error cuadrático medio disminuya en un 17 % respecto al método de Holt Winter. Este es el mejor método de los seis desarrollados, debido a que se adapta bastante al comportamiento de la serie de tiempo.

Por medio del análisis gráfico se observa que la serie de tiempo no presenta valores atípicos o faltantes, es decir, que durante el periodo 2015-2018 no existen variables aleatorias que interrumpen la tendencia y estacionalidad de las ventas. Los periodos con más volúmenes de venta en un año normal se relacionan con semana santa, las fiestas de fin de año en diciembre, y por último, inicios del segundo semestre del año, en julio, debido al pago del incentivo al sector laboral que se denomina bono 14.

Los índices estacionales de julio, octubre, noviembre y diciembre son mayores que la unidad, es decir, que las ventas promedio en esos meses se encuentra por encima de la tendencia estimada.

CONCLUSIONES

1. El modelo aditivo de Holt-Winter, es el que mejor se ajusta al comportamiento de las ventas.
2. No se identifican variables categóricas que produzcan valores atípicos o faltantes en la serie de datos.
3. Se determina que los meses con mayores ventas, en un periodo no mayor a un año, son marzo, abril, julio y diciembre.
4. El índice estacional más alto es de 22.9 %, para diciembre y el más bajo es para febrero con un 13.3 %.

RECOMENDACIONES

A restaurantes de comida rápida:

1. Pronosticar las ventas con la información del año anterior.
2. Generar modelos predictivos en otras áreas de la empresa como por ejemplo inventarios.
3. Utilizar los datos pronosticados para la elaboración del plan estratégico de ventas y para elaborar contratos más ágiles con los proveedores.

REFERENCIAS

González Ramírez, F. (2018) *Construcción de un modelo para pronosticar la demanda de bicicletas de la empresa specialized Colombia, usando series de tiempo*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Hanke, J. E. y Wichen, D. W. (2006). *Pronósticos en los negocios*. Ciudad de México, México: Prentice Hall Iberia

Richard, I.L, David, S.R, (2004). *Estadística para administración y economía*. Ciudad de México, México: Person Educación.

Sánchez, P.A. (2008). *Cambios estructurales en series de tiempo: una revisión al estado del arte*.

Revista Ingenierías, Universidad de Medellín,
7(12), 115-140.

Vélez Montoya, D. (2019). *Una adaptación del procedimiento bootstrap en la estimación del error cuadrático medio en áreas pequeñas con aplicación a datos colombianos.* Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Industrial, Sergio Eduardo Segura Cordero, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, 2020.

Maestro en Estadística Aplicada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2020.

Afiliación laboral: Corporación Aceros de Guatemala.

Ingeniero Industrial, Edwin Adalberto Bracamonte Orozco, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1987.

Magister Scientiae en Investigación de Operaciones, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Informática y Ciencias de la Computación, Universidad Francisco Marroquín, 1997.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería, USAC.

CURVAS DE FRECUENCIA PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO Y LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE 9 CAJAS EN LA MEJORA DE LA ADMINISTRACIÓN DE TALENTO EN UNA INSTITUCIÓN SEMIAUTÓNOMA

Construction of frequency curves for performance evaluation and application of the 9-box methodology to improve talent management in a semi-autonomous institution.

María del Carmen Muñoz Pineda

Mtra. en Estadística Aplicada
mariisima@hotmail.com

Mayra Virginia Carvajal Castillo

Mtra. en Estadística Aplicada
mayracarvajalcastillo91@gmail.com

Recibido: 26 de noviembre de 2022. | Revisado: 28 de marzo de 2023. | Aprobado: 15 de mayo de 2023.

RESUMEN

La administración del talento es esencial dentro de una organización, su éxito o fracaso dependen de sus colaboradores. La fiabilidad, validez y seguridad sobre la interpretación de sus resultados, son indispensables para tomar decisiones sobre el talento humano, la estadística es el medio ideal para brindárselo. En este estudio se adapta la metodología estadística aplicada en evaluación psicométrica y educativa.

Se analiza la fiabilidad y validez del instrumento utilizado para evaluar, mediante las pruebas Alfa de Cronbach y de Spearman Brown; para detectar las diferencias de evaluación entre evaluadores se aplican las pruebas de Mood, ANOVA y Bonferroni. La detección de la influencia de las variables sociodemográficas sobre las calificaciones genera la necesidad del diseño de un baremo para categorizar objetivamente el desempeño en el eje horizontal del sistema de nueve cajas. Se concluye que la credibilidad que confiere a la evaluación del desempeño este tipo de enfoque es significativa.

PALABRAS CLAVE

Alfa de Cronbach, Spearman Brown, evaluación del desempeño, baremo, fiabilidad, validez.

ABSTRACT

Talent Management is essential within an organization, its success or failure depends on its collaborators. Reliability, validity and security on the interpretation of its results are essential to make decisions about talent and statistics is the ideal means to provide it. In this study, the statistical methodology applied in psychometric and educational evaluation is adapted for its analysis.

The reliability and validity of the instrument used to evaluate performance with Cronbach's and Spearman Brown's Alpha tests is analyzed in order to detect differences among evaluators using Mood test, ANOVA and Bonferroni. And the detection of the influence of the sociodemographic variables on the assigned scores, which made it possible to see the need to design a scale to objectively categorize the performance of the evaluated workers on the horizontal axis of a nine-box system. The credibility that it confers to the evaluation of the performance with this type of procedure is significant.

KEYWORDS

Forecast, Holt-Winters, time series, productivity, sales trend.

INTRODUCCIÓN

Las técnicas y herramientas estadísticas tienen aplicación en la evaluación educativa y psicométrica, sus principios y fines son similares a los de la evaluación de desempeño, sobre esta base se desarrolla este estudio. La confiabilidad y validez del instrumento de evaluación se mide con los coeficientes Alfa de Cronbach y Spearman Brown, mediciones apropiadas de acuerdo con Aiken (2003). Según Brown (2006), la distinción de grupos normativos es indispensable al categorizar los resultados de una evaluación, esto le confiere equidad y validez externa, por lo que se presenta el análisis de las variables que influyen sobre la calificación del desempeño aplicando la prueba de Mood y por ser muy cercanas la media y la mediana, se aplica la prueba de ANOVA. Estas pruebas confirman que el nivel organizacional influye sobre las calificaciones, y sobre este se identifican los grupos normativos auxiliándose de la diferencia entre medias para finalmente construir el baremo con deciles que se ajustan al eje horizontal del sistema de nueve cajas.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio tiene un alcance descriptivo y correlacional, de diseño no experimental. Por las limitaciones en el acceso a información se analiza la base de datos proporcionada por una organización guatemalteca sobre un ejercicio realizado en diciembre de 1999, (17,919 evaluados y 1,123 evaluadores). La investigación del marco referencial concluye que se pueden adaptar principios de análisis estadístico educativo y psicométrico, se obtiene la aprobación sobre el uso de la base de datos y se codifica para identificar las variables y facilitar el uso de Excel, Minitab y SPSS para la realización de los cálculos y pruebas estadísticas. En la fase de análisis se utilizan las siguientes fórmulas de cálculo:

Validez y confiabilidad del instrumento, sobre la población (Aiken, 2003)

Alfa de Cronbach (α)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum s_t^2}{s_x^2} \right] \quad (1)$$

donde

k es el total de competencias evaluadas

s_t^2 es la varianza de los resultados de la prueba.

s_x^2 es la varianza de las calificaciones de la prueba.

Spearman Brown (r_{11})

$$r_{11} = \frac{2r_{oe}}{1+r_{oe}} \quad (2)$$

donde

r_{oe} = coeficiente de correlación

Para el análisis de tendencias de evaluación de los evaluadores y de variables sociodemográficas sobre las calificaciones asignadas, se extrajo una muestra por muestreo probabilístico aleatorio simple, calculando su tamaño con la fórmula para estudios descriptivos y población finita (Aguilar, 2005).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha p}^2 pq}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha p}^2 pq} \quad (3)$$

N = total de evaluadores; n = tamaño de la muestra; Z parámetro estadístico para nivel de confianza del 5%, e igual al error máximo aceptado 0.05 y p = q = 0.5

Los análisis de prueba de hipótesis se comprueban utilizando la mediana de Mood, ANOVA y prueba post hoc de Bonferroni.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados se presentan a continuación.

- a) Cálculo de coeficientes Alfa de Cronbach y Spearman Brown. Se toman en cuenta las competencias evaluadas que aplican a todos los trabajadores (conocimiento de la organización, resolución de problemas de trabajo, rendición de cuentas, trabajo en equipo, servicio).

b) Análisis de tendencias de asignación de calificaciones por los evaluadores.

$$\alpha = \frac{6}{6-1} \left[1 - \frac{1.38}{6.76} \right] = 0.955$$

$$r_{11} = \frac{2 * 0.812}{1 + 0.812} = 0.937$$

Se rechaza la normalidad de la población con la prueba de Grubbs de valores atípicos con un α del 5%.

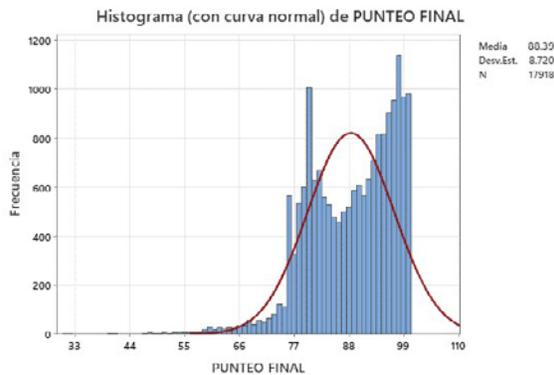


Figura 1. Histograma con curva normal de la calificación de los evaluados.

Fuente: elaboración propia.

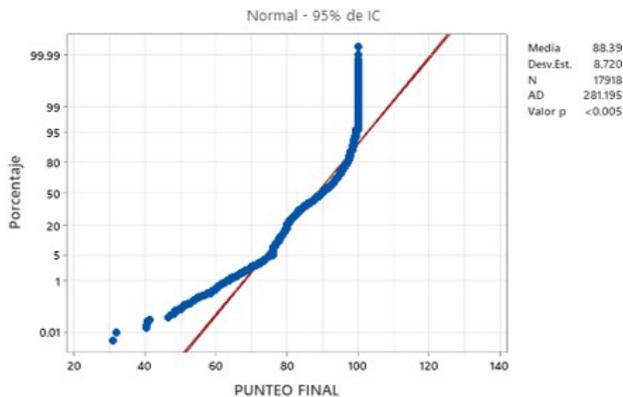


Figura 2. QQ-plot de la calificación de los evaluados.

Fuente: elaboración propia.

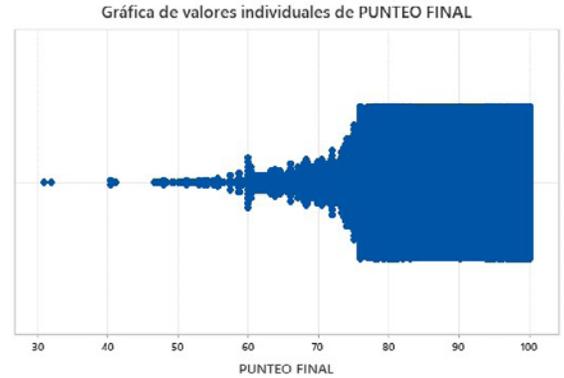


Figura 3. Valores atípicos de la calificación de la evaluación.

Fuente: elaboración propia.

Los gráficos muestran que existe una tendencia favorable en la evaluación (figura 1), que también se aprecia en la figura 2, sin embargo, existen pocos evaluadores estrictos al evaluar, como se observa en la gráfica de valores atípicos (figura 3). Se aplica una prueba de hipótesis a una muestra de 287 evaluadores que evaluaron a 4,735 trabajadores, mediante la prueba de Mood:

H_0 : Las medianas de población son todas iguales.
 H_1 : Las medianas de población no son todas iguales.

GL	Chi-cuadrada	Valor p
271	2272.43	0.0000

El p-valor es de 0.0000 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen evaluadores con tendencia a ser más estrictos o bondadosos que otros al asignar calificaciones.

c) Se presenta el análisis para detectar si existe alguna variable sociodemográfica que inflencie las calificaciones asignadas. Los niveles organizacionales analizados son: 1 operativo, 2 especializado operativo, 3 especializado, 4 técnico, 5 técnico profesional, 6 profesional, 7 jefatura y 8 asistencia profesional. Se aplican dos pruebas de hipótesis:

Prueba de Mood

H_0 : Las medianas de población son todas iguales.

H_1 : Las medianas de población no son todas iguales.

GL	Chi-cuadrada	Valor p
7	309.61	0.000

Prueba de ANOVA:

H_0 : Las medias de las calificaciones por nivel organizacional son todas iguales.

H_1 : Las medias de las calificaciones por nivel organizacional no son todas iguales.

Tabla 1

Resultados de aplicación de ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	28086.95	7	4012.42	60.81	<.001
Dentro grupos	311544.52	4722	65.977		
Total	339631.48	4729			

Fuente: elaboración propia

Con base en los resultados, se diseña un baremo con tablas independientes clasificadas por nivel organizacional. La categorización de niveles se determina aplicando un análisis de diferencias entre medias de niveles organizacionales usando la prueba Bonferroni.

La diferencia de medias del nivel 1 y 2 es mínima y su significancia es mayor a 0.05 por lo que se agrupa el nivel organizacional 1 y 2 en una misma categoría. Lo mismo sucede con los grupos 3 y 4, 5 y 6, 7 y 8. El baremo se presenta en la tabla 2.

Tabla 2

Baremo para niveles organizacionales

Percentil	Interpretación Sistema de 9 cajas	Nivel Organizacional			
		1 y 2	3 y 4	5 y 6	7 y 8
1	Inferior	61	65	67	77
10	Bajo, bajo	62-74	66-78	68-80	78-86
20	Bajo	75-77	79-80	81-82	87-93
30	Bajo, alto	78-79	81-83	83-85	94-95
40	Promedio, bajo	80-81	84-85	86-90	96
50	Promedio	82	86-88	91-93	97
60	Promedio, alto	83-85	91	94-95	98
70	Alto, bajo	86-88	92-94	96	-
80	Alto	89-93	95-96	97-98	99
90	Alto, alto	94-96	97-98	99	-
99	Superior	97-100	99-100	100	100

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del coeficiente Alfa de Cronbach (0.95) y Spearman Brown (0.93) con que se evalúa la fiabilidad y validez del instrumento, lo definen como válido y confiable de acuerdo con Frías Navarro (2019) quien expone como aceptables los valores mayores que 0.7.

Abarzúa (2017) plantea que el diseño de un baremo permite conferirle imparcialidad a un test, y que una diferencia de resultados entre distintos grupos puede ser reflejo de las inequidades que viven los propios

grupos, esto coincide con el resultado del estudio que distingue los grupos por nivel organizacional, no todos en la organización tienen las mismas características, debido a la naturaleza de los puestos.

Por ello, sistematizar estadísticamente este análisis es acertado y propone mejoras para ejecutar un ejercicio de evaluación, que brindan confiabilidad al asignar apropiadamente la categorización del desempeño de los empleados al eje horizontal del sistema de 9 cajas.

CONCLUSIONES

1. La confiabilidad del instrumento de evaluación del ejercicio analizado es alta, indica que es suficientemente congruente con los aspectos que mide y distintos grupos de empleados al ser evaluados con el mismo instrumento obtendrán resultados similares.
2. Existen tendencias de evaluación extrema, sin embargo, los evaluadores tienden en su mayoría a favorecer a los evaluados.
3. Las calificaciones obtenidas por los evaluados son directamente proporcionales al nivel organizacional al que está asignado el evaluado.
4. Se puede afirmar que el nivel de confiabilidad y credibilidad de la evaluación del desempeño se incrementan al aplicar la metodología desarrollada en este estudio, debido a que da certeza sobre los tres aspectos analizados en él.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario informar a los evaluadores sobre la forma de evaluar, por la existencia de tendencias extremas de evaluación.
2. Es importante detectar la existencia de variables sociodemográficas que afectan las calificaciones de evaluación de los empleados a fin de normar la interpretación del resultado de la evaluación para que sea acertada y justa.
3. Si se desea sustentar la objetividad y confiabilidad del proceso y tomar decisiones acertadas sobre

las carreras de los trabajadores es recomendable aplicar la metodología que se presenta en este estudio.

REFERENCIAS

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco, 11* (1-2), 333-338. ISSN 14-05-2091 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Aiken, L. R. (2003). *Test psicológicos y evaluación*. México: Pearson Educación.
- Abarzúa, A. Confiabilidad, validez e imparcialidad en evaluación educativa. Recuperado de: <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A352.pdf>
- Brown, F. (1999). *Principios de la medición en psicología y educación*. México: Manual Moderno.
- Frías-Navarro, D. (2019). Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida. Universidad de Valencia. España.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniera Industrial, María del Carmen Muñoz Pineda, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997.

Maestra en Estadística Aplicada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2022.

Afiliación laboral: Puentes Empresariales

Mayra Virginia Carvajal Castillo, Ingeniera Industrial, egresada de la Facultad de Ingeniería, USAC, 2016. Maestra en Estadística Aplicada, egresada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, USAC, 2018.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC

MODELADO DE RESPUESTAS ORDINALES LONGITUDINALES MEDIANTE ECUACIONES DE ESTIMACIÓN GENERALIZADAS Y MODELOS LINEALES DE EFECTOS MIXTOS: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL DOLOR

Modeling of ordinal longitudinal responses by means of generalized estimation equations and linear models of mixed effects: application to the study of the evolution of pain

Jaime Andre Chocó Cedillos

Mtro. en Estadística Aplicada
panteisme@gmail.com

Randal Manuel Lou Meda

Msc. en Nefrología Pediátrica
randal_lou@yahoo.com

Recibido: 12 de noviembre de 2022. | Revisado: 12 de abril de 2023. | Aprobado: 19 de mayo de 2023.

RESUMEN

El objetivo principal consiste en evaluar la evolución del dolor, teniendo en cuenta la naturaleza longitudinal y ordinal de los datos, haciendo uso de un modelo lineal generalizado de efectos mixtos y otro de ecuaciones de estimación generalizada.

Esta investigación emplea un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo longitudinal, y alcance correlacional. Se utilizan los datos de dos investigaciones en las que se evalúa la evolución del dolor postoperatorio.

El modelo de ecuaciones de estimación generalizada presenta mayor capacidad predictiva que el modelo lineal generalizado de efectos mixtos según todos los criterios de bondad de ajuste. Se concluye que ambos modelos permiten estudiar la evolución del dolor identificando tanto los efectos principales como las interacciones de los predictores sobre la variable de respuesta, cumpliendo con los supuestos de aplicación; pero el modelo de ecuaciones de estimación generalizada muestra mayor capacidad predictiva.

PALABRAS CLAVE

Modelo lineal generalizado, modelo de ecuaciones de estimación generalizada, dolor postoperatorio, escala ordinal.

ABSTRACT

The main objective is to assess the evolution of pain, considering the longitudinal and ordinal nature of the data, using a generalized linear model of mixed effects and another of generalized estimation equations.

This research uses a quantitative approach, with a non-experimental design, of a longitudinal type, and correlational scope. Data from two research papers in which the evolution of postoperative pain is evaluated are used.

The generalized estimation equations model has a greater predictive capacity than the generalized linear mixed-effects model according to all goodness-of-fit criteria. It is concluded that both models make it possible to study the evolution of pain, identifying both the main effects and the interactions of the predictors on the response variable, complying with the application assumptions, nevertheless the generalized estimation equations model shows greater predictive capacity.

KEYWORDS

Generalized linear model, generalized estimating equations model, postoperative pain, ordinal scale.

INTRODUCCIÓN

Diversas variables utilizadas en la investigación clínica y epidemiológica se miden en escala ordinal como es el caso de los cuestionarios psicométricos y las escalas de gravedad de una patología o sus síntomas. Por otro lado, los estudios longitudinales, consisten en medir en repetidas ocasiones las variables de interés a cada uno de los individuos con el fin evaluar un desenlace o el resultado de una serie de intervenciones. Para estos casos, desde el punto de vista estadístico hay que considerar no solo el hecho de que las variables explicadas son de naturaleza ordinal, sino que hay correlación entre las respuestas dadas por el mismo individuo; estas razones implican que no se considere adecuado el uso de estadística paramétrica (Schober & Vetter, 2018).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El enfoque del estudio es cuantitativo, con un diseño no experimental, de tipo longitudinal, y alcance correlacional, las variables dependientes son de tipo ordinal y están medidas de forma repetida en los mismos individuos. El esquema metodológico consiste en seleccionar dos conjuntos de evolución del dolor percibido según la escala visual análoga para los cuales se aplican dos modelos estadísticos: un modelo lineal generalizado de efectos mixtos y un modelo de ecuaciones de estimación generalizadas, los cuales se comparan los resultados de un diseño factorial de medidas repetidas. Posteriormente se compara la bondad del ajuste de los modelos y se realizan diagnósticos de los supuestos. Los análisis se trabajan en lenguaje de programación R.

RESULTADOS OBTENIDOS

a) Posibles predictores de la evolución del dolor a través del diseño factorial de medidas repetidas. Con el diseño factorial de medidas repetidas no

paramétrico se observa que el tipo de estrategia analgésica utilizada (bloqueo regional o analgesia convencional) tiene un efecto significativo sobre la variable de respuesta ($p = 0.002$), la interacción de la estrategia analgésica y el tipo de cirugía también resulta significativa ($p = 0.040$). Para los datos sobre cirugía de rodilla se observa que solo el tipo de analgesia utilizada (bupivacaina o morfina) tiene un efecto sobre la variable de respuesta cercano al nivel de significancia ($p = 0.077$).

b) Aplicación de modelos
Los resultados de los efectos principales e interacciones de los predictores de la evolución del dolor por medio de modelos lineales generalizados de efectos mixtos y ecuaciones de estimación generalizada se presentan a continuación.

Tabla 1

Modelo lineal generalizado de efectos mixtos para identificar predictores del dolor postoperatorio en cesárea

	Z	p
Tipo de analgesia	0.601	.548
Procedimiento obstétrico	-0.204	.838
Analgesia*procedimiento	0.917	.076

Fuente: elaboración propia

Tabla 2

Modelo de ecuaciones de estimación generalizada para identificar predictores del dolor postoperatorio en cesárea

	Z	p
Tipo de analgesia	-0.776	.438
Tipo de procedimiento obstétrico	0.254	.800
Analgesia*Tipo de procedimiento	-2.137	.033

Fuente: elaboración propia

Tabla 3

Modelo lineal generalizado de efectos mixtos para identificar predictores del dolor postoperatorio en cirugía de rodilla

	Z	p
Tipo de analgesia	1.109	0.268
Tipo de cirugía de rodilla	-0.054	0.738
Analgesia*Tipo de cirugía	-0.104	0.917

Fuente: elaboración propia

Tabla 4

Modelo de ecuaciones de estimación generalizada para identificar predictores del dolor postoperatorio en cirugía de rodilla

	Z	p
Tipo de analgesia	-1.702	.089
Tipo de cirugía de rodilla	-0.054	.592
Analgesia*Tipo de cirugía	0.627	.531

Fuente: elaboración propia

- c) Supuestos estadísticos de la aplicación de los modelos estadísticos al estudio de la evolución del dolor postoperatorio.

Para ambos modelos y ambos casos de estudio hay cumplimiento de los supuestos estadísticos para su aplicación. En el caso de la inspección de los residuales no se identifican patrones o tendencias; mientras que al calcular el Leverage (apalancamiento o puntos palanca) y la distancia de Cook, no se encuentran valores influyentes.

- d) Bondad de ajuste de los modelos

La bondad de ajuste de los modelos aplicados se estudia con base en el criterio de Akaike, criterio bayesiano y la devianza. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

Bondad de ajuste de los modelos

Bondad de Ajuste	Cesárea		Cirugía de rodilla	
	MLG	EEG	MLGM	EEG
Criterio de Akaike	1182.91	946.33*	485.75	383.74*
Criterio Bayesiano	1230.49	1009.00	509.84	438.46
Devianza	1246.00	1009.26	694.00	596.84

MLG: Modelo lineal generalizado de efectos mixtos
 EEG: Modelo de ecuaciones de estimación generalizada
 * Criterio de Akaike de cuasiverosimilitud

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al aplicar los modelos explicativos al caso de dolor post cesárea se observa que el modelo lineal generalizado de efectos mixtos detecta únicamente la interacción de los predictores como cercana al nivel de significancia ($p = 0.076$), mientras que el modelo de ecuaciones de estimación generalizada sí identifica como predictor significativo a tal interacción ($p = 0.033$). Ambos modelos difieren del análisis exploratorio donde se encuentra además como efecto significativo al tipo de analgesia. En el caso de la cirugía de rodilla el modelo lineal generalizado de efectos mixtos no detecta ningún efecto significativo; por su parte, el modelo de ecuaciones de estimación generalizada identifica con un valor p cercano a la significancia al tipo de analgesia ($p = 0.089$), coincidiendo con el análisis exploratorio.

Posteriormente, siguiendo a Chatterjee & Simonoff (2020), se evalúan los supuestos respecto a residuales y la identificación de apalancamiento y valores influyentes observándose cumplimiento para ambos casos de estudio con ambos modelos. Finalmente, se comparan los modelos a través de los estadísticos de bondad de ajuste, haciendo uso de una aproximación al criterio de Akaike propuesta por Pan (2001), para

el modelo de ecuaciones de estimación generalizada, lo que lleva a concluir que el modelo de ecuaciones de estimación generalizada es el mejor modelo, para ambos casos de estudio.

Da Silva et al. (2016), aplicaron un modelo lineal generalizado de efectos mixtos y un modelo marginal para analizar datos ordinales medidos en repetidas ocasiones; los autores concluyen que el modelo marginal se centra en las inferencias de la media poblacional mientras que el método condicional se enfoca en el individuo y en la introducción de un efecto aleatorio en el nivel individual. Por su parte, Rubio (2016) aplica modelos lineales generalizados mixtos para variables ordinales de naturaleza longitudinal, considerando al modelo Log-acumulado mixto no proporcional el más adecuado.

CONCLUSIONES

1. Se identifica a través del diseño factorial de medidas repetidas no paramétrico, como predictores de la evolución del dolor en cesárea, la interacción entre tipo de procedimiento obstétrico y el tipo de analgesia utilizada; en el caso de la cirugía de rodilla, solo se identifica como posible predictor el tipo de analgesia.
2. Se identifica, por medio del modelo lineal generalizado de efectos mixtos y el modelo de ecuaciones de estimación generalizada, la interacción entre el tipo de analgesia y el tipo de procedimiento obstétrico como predictores significativos o cercanos a la significancia del dolor en cesárea; para el caso de cirugía de rodilla, el modelo de efectos mixtos no identifica ningún predictor; mientras que el modelo de ecuaciones de estimación generalizada identifica el tipo de analgesia.
3. Al evaluar los supuestos para la aplicación de los modelos estadísticos no se encuentran problemas de existencia de patrones o tendencias, o valores influyentes para ninguno de los modelos evaluados.
4. Se identifica como mejor modelo explicativo al de

ecuaciones de estimación generalizada dado que este refleja una mejor capacidad predictiva que el modelo lineal generalizado de efectos mixtos, según los criterios Akaike, Bayesiano y devianza.

RECOMENDACIONES

Se presentan las siguientes recomendaciones a investigadores en ciencias de la salud:

1. Utilizar el diseño factorial no paramétrico de medidas repetidas como un estudio exploratorio para identificar de forma primaria los predictores de la evolución del dolor.
2. Utilizar las ecuaciones de estimación generalizada para el modelado de variables de respuesta ordinal en estudios longitudinales a partir de la identificación de sus predictores y sus interacciones.
3. Descartar la existencia de patrones o tendencias y/o valores influyentes que limiten la aplicación de los modelos estadísticos evaluados.
4. Evaluar la bondad de ajuste de modelos explicativos de variables ordinales en estudios longitudinales por medio de los criterios de Akaike, Bayesiano y devianza.

REFERENCIAS

- Chatterjee, S., & Simonoff, J. S. (2020). *Handbook of Regression Analysis with Applications in R* (2nd ed.). Nueva Jersey: Wiley.
- Da Silva, N., Amorim, L., Colosimo, E., & Heller, L. (2016). Modeling ordinal longitudinal outcomes: an applied perspective of marginal and conditional approaches. *Chilean Journal of Statistics*, 7(2), 51–68.
- Pan, W. (2001). Akaike's Information Criterion in Generalized Estimating Equations. *Biometrics*, 57(1), 120–125. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2001.00120.x>
- Rubio, N. (2016). *Modelación de respuestas ordinales longitudinales mediante modelos lineales generalizados mixtos* (Tesis de Maestría).

Universidad Nacional del Comahue.

Schober, P., & Vetter, T. R. (2018). Repeated Measures Designs and Analysis of Longitudinal Data. *Anesthesia & Analgesia*, 127(2), 569–575. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000003511>

INFORMACIÓN DEL AUTOR

Jaime Andre Chocó Cedillos, Licenciado en Química Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. Maestro en Estadística Aplicada, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021.
Afilación laboral: Hospital Roosevelt.

Randal Manuel Lou Meda, Máster en ciencias en Nefrología Pediátrica, Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Medicina, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.
Afilación laboral: Hospital Roosevelt.

EVALUACIÓN DE INDICADORES DE LA GESTIÓN ACADÉMICA Y ADMINISTRATIVA DEL PROGRAMA ACADÉMICO PREPARATORIO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, PARA LA MEJORA CONTINUA

Evaluation of the indicators of the academic and administrative management of the Preparatory Academic Program of the Faculty of Engineering, for continuous improvement.

Aurelia Anabela Cordova Estrada

Mtra. en Gestión Industrial
ingaana47@gmail.com

Mayra Virginia Castillo Montes

Dra. en Educación
mayracastillom@yahoo.com

Recibido: 23 de septiembre de 2022. | Revisado: 16 de marzo de 2023. | Aprobado: 18 de mayo de 2023.

RESUMEN

El estudio satisface la necesidad institucional de contar con instrumentos y resultados de evaluación integral de la calidad del servicio al cliente, conceptualizado como el conglomerado estudiantil que participa en el programa de nivelación de conocimientos matemáticos para carreras de ingeniería.

Los aportes incluyen un sistema de indicadores de calidad para cuatro categorías evaluativas, cuatro cuestionarios, un baremo local para la interpretación de los niveles de cumplimiento y análisis del impacto formativo del programa de 2018 a 2021.

Se determina que el programa tiene un nivel de cumplimiento de 81.3 %, que evidencia la satisfacción parcial de la mayoría de los indicadores. La categoría con mayor nivel de cumplimiento es Gestión administrativa (85.3 %), la de nivel más bajo es Docencia (77.5 %), mientras que las categorías Estudiantes y Gestión académica obtienen un 81.3 % y 81.9 %, respectivamente; por lo que se presenta un plan de mejora continua.

PALABRAS CLAVE

Gestión del servicio, indicador de calidad, evaluación, mejora continua, programa académico.

ABSTRACT

The study originates from the institutional need to have instruments and results of comprehensive evaluation of the quality of customer service, conceptualized as the student conglomerate that participates in the mathematical knowledge leveling program (PAP).

The contributions include a system of quality indicators with four evaluative categories, four surveys, a local framework for the interpretation of compliance levels and an analysis of the formative impact of the program from 2018 to 2021.

It is determined that the program has a compliance level of 81.3%, which shows the partial satisfaction on most of the indicators. The category with the highest level of compliance is Administrative Management (85.3 %), the lowest level is Teaching (77.5 %), while the categories Students and Academic Management obtain 81.3 % and 81.9 %, respectively; for which a plan for the continuous improvement is presented.

KEYWORDS

Service management, quality indicator, evaluation, continuous improvement, academic program.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la gestión administrativa y académica que sustenta los servicios educativos ofrecidos por las universidades, poco a poco se consolida la cultura de indagar las expectativas y percepciones de los estudiantes, conceptualizados como clientes (Mejías y Martínez, 2009), como estrategia para la mejora continua de los programas académicos (Álvarez, Chaparro y Reyes, 2014).

Con relación a los procesos de evaluación de programas educativos con fines de mejora, se entiende que la calidad se relaciona con el acercamiento sistemático al cumplimiento de estándares o indicadores establecidos de forma institucional (Clemenza, Ferrer y Pelekais, 2005).

Desde esta perspectiva, para que el proceso evaluativo sea incluyente y equitativo se requiere la participación voluntaria de los actores relevantes: estudiantes, docentes y autoridades (De la Rosa y Saab, 2005).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio es de enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental. La evaluación del Programa Académico Preparatorio de Matemática para Ingeniería- PAP- se realiza con base en un sistema de 75 indicadores que se distribuyen en las etapas del proceso formativo: planeación (33 %), desarrollo (32 %) y resultados (35 %). La valoración máxima de cumplimiento es de 150 puntos, distribuidos así: Estudiantes, con cuatro componentes y una ponderación de 40 puntos; Docencia, con tres componentes y 40 puntos de valoración, Gestión académica y Gestión administrativa, con tres componentes cada una y valores máximos de 36 y 34 puntos, respectivamente.

Los impactos formativos del programa se evalúan con base en indicadores de rendimiento académico en el curso Matemática Básica 1 durante el periodo de 2018 a 2021, por medio de la aplicación de pruebas de hipótesis para diferencia de notas promedio y proporciones de aprobación, entre los grupos

que ingresan superando las pruebas específicas de Matemática y los que cursan el PAP.

Se aplican cuatro cuestionarios con base en una escala de Likert, a un grupo de 404 estudiantes, nueve profesores y cinco profesionales como autoridades administrativas y académicas. A partir de los resultados se elabora el plan de mejoras.

RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla 1 se presentan los valores obtenidos y el nivel de cumplimiento global y por categoría. En la tabla 2 se presentan resultados de los indicadores de rendimiento académico en el curso Matemática Básica 1, diferenciados por la forma de ingreso. Las pruebas de diferencias de medias (μ) y proporciones (π) con un nivel de significación de 0.05, evidencian diferencias significativas de 2018 a 2020; pero en 2021 dichas diferencias no son estadísticamente significativas.

Tabla 1

Nivel de cumplimiento global y por categoría

Categorías	Valor máximo	Valor mínimo	Valor obtenido	Nivel alcanzado
Estudiantes	40	32	32.5	81.3%
Docencia	40	32	31	77.5%
Gestión académica	36	28.8	29.5	81.9%
Gestión administrativa	34	27.2	29	85.3%
Total	150	120	122	81.3%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2

Indicadores de rendimiento académico en MB 1, 2018 a 2021

Año de ingreso	PAP			Prueba			MB 1		
	n	μ	π	n	μ	π	n	μ	π
2018	392	43.16	12.5 %	975	47.27	25.77 %	1367	40.71	22.02 %
2019	346	38.31	11.56 %	1098	41.67	36.70 %	1444	44.27	30.68 %
2020	392	35.68	41.84 %	856	46.97	56.07 %	1248	53.85	51.60 %
2021	461	50.91	36.23 %	631	55.20	38.51 %	1092	46.27	37.55 %
Total	1591			3560			5151		

Fuente: elaboración propia.

En la figura 1 se comparan las puntuaciones obtenidas con relación a los valores máximos y mínimos. Se establece que el nivel de cumplimiento de los indicadores de calidad del programa es de 81.3 %.

Además, en la categoría Gestión administrativa se obtiene el mayor nivel de cumplimiento, 85.3 %, mientras que a la categoría Docencia corresponde el menor nivel de cumplimiento, estimado en 77.5 %. Para las categorías Estudiantes y Gestión Académica se obtienen niveles de cumplimiento de indicadores en 81.3 % y 81.9 %, respectivamente.

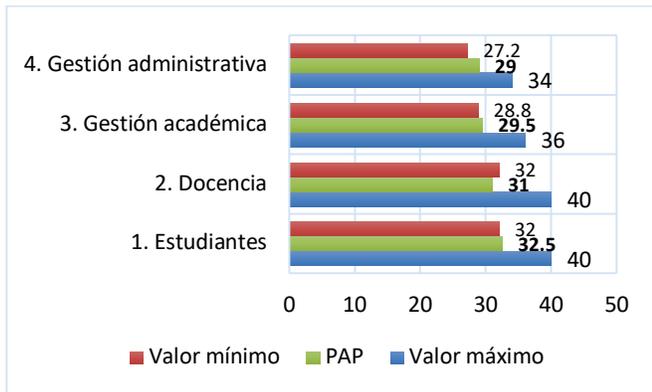


Figura 1. Ponderación por categoría evaluativa del PAP.

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que se reportan constituyen una propuesta de solución al problema identificado en la institución con respecto a la evaluación de un programa de nivelación de conocimientos matemáticos, cuyo propósito es brindar oportunidades de ingreso a estudiantes que no logran resultados satisfactorios en pruebas de matemática.

Con énfasis en la gestión administrativa y la gestión académica que son fundamentales en los procesos educativos (Nápoles, Tamayo y Moreno, 2016), se genera un sistema de indicadores, cuatro instrumentos dirigidos a cada grupo de actores, con base en los aportes de Tumino y Poitevin (2014), y un plan de mejoras integrado con veintiocho acciones interrelacionadas para fortalecer los indicadores de

calidad con menor nivel de cumplimiento, en especial para la categoría Docencia (Reyes, O., Reyes, M. y Rodríguez, 2012).

La evaluación de la calidad educativa es un proceso dinámico, diverso, multidimensional y total (Clemenza, Ferrer, y Pelekais, 2005), por lo que las puntuaciones son relativas a la escala en la que se midan. Así, con base en el baremo local que genera el estudio, se puede afirmar que un nivel de cumplimiento global de 81.3 %, evidencia que la mayoría de los indicadores se cumple parcialmente por lo que las acciones de mejora se orientan a fortalecer la categoría Docencia y los componentes con menor cumplimiento en las categorías restantes, cuya valoración se ubica entre el 75% y 91.7 % de cumplimiento.

Queda abierta la investigación a la inclusión de otros indicadores de interés para otras instituciones educativas del nivel superior.

CONCLUSIONES

- Desde la perspectiva de estudiantes, docentes y autoridades, el nivel de cumplimiento de un sistema de 75 indicadores de la calidad del servicio educativo del Programa Académico Preparatorio es de 81.3 %, lo que identifica evidencias del cumplimiento parcial de la mayoría de los indicadores.
- El nivel de cumplimiento de los indicadores asociados a las categorías evaluativas es: 81.3 % para Estudiantes, 77.5 % para Docencia, 81.9 % para Gestión académica y 85.3 % para Gestión administrativa.
- Los impactos formativos del Programa Académico Preparatorio se evidencian en el incremento de la cantidad de estudiantes que ingresan anualmente a la Facultad de Ingeniería y los indicadores de desempeño en Matemática Básica 1.

RECOMENDACIONES

1. Socializar los resultados a los actores evaluadores para fortalecer el proceso de implementación de mejoras.
2. Documentar los procesos de mejora que se realicen y los resultados que se obtengan de la evaluación continua de los programas educativos.
3. Evaluar la inclusión de otras categorías o de nuevas componentes para las ya evaluadas.

REFERENCIAS

- Álvarez, J., Chaparro, E., y Reyes, D. (2014). Estudio de la satisfacción de los estudiantes con los servicios educativos brindados por instituciones de educación superior del Valle de Toluca. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 13(2), 5-26. Recuperado de: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/668275/REICE_13_2_1.pdf?sequence=1&isAllowed=
- Clemenza, C., Ferrer, J. y Pelekais, C. (2005). La calidad como elemento competitivo en las Universidades. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 6(14), 55-83. <https://www.redalyc.org/pdf/1701/170118766004.pdf>.
- De la Rosa, M. y Saab, M. (2005). *Evaluación del bienestar universitario mediante el modelo de servicio al cliente y alternativas de fortalecimiento. Estudio de caso Universidad Autónoma de Colombia*. (Tesis de Maestría). Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/10637>
- Mejías, A. y Martínez, D. (2009). Desarrollo de un instrumento para medir la Satisfacción Estudiantil en Educación Superior. *Docencia Universitaria*, 10(2), 29-47.
- Nápoles-Nápoles, L. Y., Tamayo-García, P. y Moreno-Pino, M. (2016). Medición y mejora de la satisfacción del cliente interno en instituciones universitarias. *Ciencias Holguín*, 22(2), 1-16. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/>

[articulo.oa?id=181545579003](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181545579003)

Reyes, O., Reyes, M. y Rodríguez, P. (2012). Percepción docente de la calidad del servicio educativo universitario. *Sotavento, M.B.A.* 19, 114-127. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5137552>

Tumino, M. y Poitevin, E. (2014). Evaluación de la calidad de servicio universitario desde la percepción de estudiantes y docentes: caso de estudio. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 12(2), 63-84.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniera Industrial, Aurelia Anabela Cordova Estrada, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. Maestra en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2022.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

Licenciada en Matemática Aplicada, Mayra Virginia Castillo Montes, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Doctorado en Educación con Especialidad en Mediación Pedagógica, Universidad de La Salle, Costa Rica, 2009.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LÁMINA GALVANIZADA EN UN PROCESO CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Risk management in a hot dip galvanized sheet production line

Pride Tolentino Alvizures Valle

Mtro. en Gestión Industrial
pridealvizures@gmail.com

William Abel Xicará Cuyuch

Mtro. en Gestión Industrial
Williamxicara@hotmail.com

Recibido: 08 de octubre de 2022.

Revisado: 11 de abril de 2023.

Aprobado: 08 de junio de 2023.

RESUMEN

El objetivo del estudio es el diseño del sistema de gestión de riesgos para garantizar la productividad y calidad en una línea de producción de lámina galvanizada por inmersión en caliente, en una planta ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala. El proceso productivo de galvanización del acero se realiza en forma continua y cualquier interrupción conlleva pérdidas de recursos e insumos, por ello la empresa aplica una metodología de gestión del riesgo para prevenir las interrupciones mediante estrategias para lograr los resultados y objetivos planificados. La gestión de riesgos está incluida como requisito en la certificación que posee, según norma ISO 9001:2015 y la metodología para llevarla a cabo se realiza según la norma ISO 31001:2009. La gestión del riesgo que la empresa aplica muestra que de 2020 a 2022, el riesgo de la pandemia no incide en la continuidad de la operación y rentabilidad de la compañía.

PALABRAS CLAVE

Gestión de riesgos, acero galvanizado, ISO 9001:2015, ISO 31001:2009, estrategias.

ABSTRACT

The objective of this research work is the design of the risk management system to guarantee productivity and quality in a hot-dip galvanized sheet production line in a plant located in the municipality of Villa Nueva, Guatemala. The production process of galvanizing steel is carried out continuously where any stoppage or interruption entails loss of resources and supplies, therefore the company applies a risk management methodology to prevent interruptions or other scenarios, through strategies to achieve the planned results and objectives. Risk management is included as a requirement in the certification ISO 9001: 2015, and the methodology used to carry it out is done according to ISO 31001: 2009. The risk management applied by the company shows that from 2020 to date the risk of the pandemic has not affected the continuity of the company's operation and profitability.

KEYWORDS

Risk management, galvanized steel, ISO 9001:2015, ISO 31001:2009, strategies.

INTRODUCCIÓN

El negocio de la empresa es la producción de lámina galvanizada. Hernández Betancur (2018) indica que no es posible generar un ambiente libre de riesgos y se deben aceptar y tratar de controlar. Las organizaciones deben alinear el riesgo con la estrategia para lograr los resultados, como mencionan Carriel Palma, Barros Merizalde y Fernández Flores (2018). La investigación que se presenta aplica la norma ISO 31000:2009 recomendada por Lizaraburu, Barriga Ampuero, Noriega, López, & Mejía (2017). El trabajo se enfoca en tres etapas: establecer el contexto, evaluar el riesgo y tratar el riesgo, como documenta Díaz Gómez (2017). La empresa en la cual se realiza el estudio cuenta con un certificado en el sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se inicia con la fase de revisión documental, a partir de la cual se describe el proceso de galvanizado y la gestión de riesgo. En la fase dos se define el contexto y partes interesadas según las normas ISO 31001:2009 e ISO 9001:2015. En la tercera fase se analiza el contexto por medio de la metodología FODA, para completar el diagnóstico inicial. Con base en lo anterior, en la fase cuatro se realiza la valoración del riesgo mediante un arreglo matricial que representa la relación entre la probabilidad de que ocurra el factor de riesgo y su impacto. En la fase cinco, se establece el tratamiento de los riesgos y se reevalúan.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se tabula y agrupa el total histórico de riesgos durante el periodo de 2018 a 2021, lo que permite identificar una tendencia creciente de 2018 a 2020, que alcanza el valor máximo en 2020.

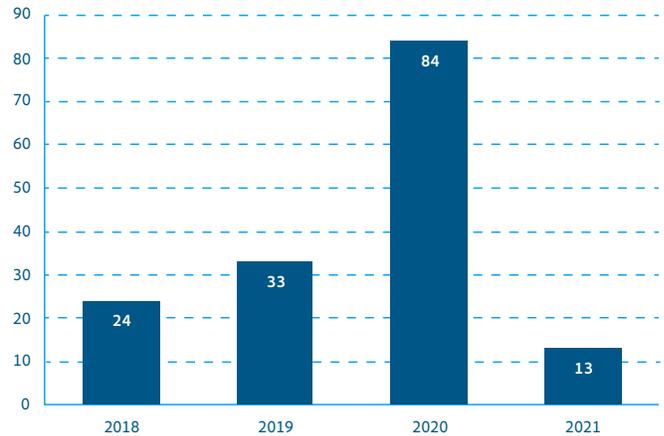


Figura 1. Histórico de riesgos de 2018 a agosto de 2021.
Fuente: elaboración propia, 2021.

Se filtra el total de casos y se presentan los riesgos asociados al proceso de galvanizado según el contexto, con resultados que se presentan en la figura 2.

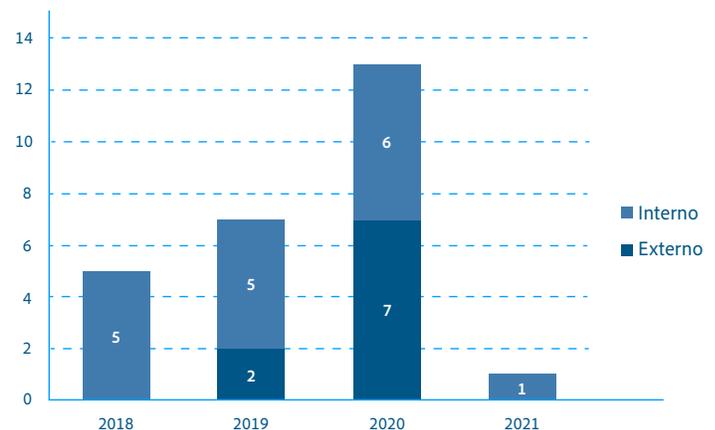


Figura 2. Riesgos y su contexto, 2018 a agosto de 2021.
Fuente: elaboración propia, 2021.

Se aplica un análisis FODA para identificar fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades tanto en el contexto interno como en el externo. Los resultados se organizan y se presentan en la tabla 1.

Tabla 1
Análisis FODA de procesos y su contexto

Contexto	FODA	Proceso	Total
Externo	Amenaza	Gestión de Recursos Humanos	3
		Logística	1
		Tecnologías de la Información	1
		Control de EIMES (Metrología)	1
		Compras	1
Interno	Debilidad	Mantenimiento/Servicios Galvanizado	2
		Galvanizado	3
		Ambiente	2
		Logística	2
		Aseguramiento de Calidad	1
		Gestión de Recursos Humanos	1
Interno	Fortaleza	Ingeniería de Producto	1
		Mantenimiento/Servicios Galvanizado	1
		Galvanizado	2
		Seguridad y Salud Ocupacional	1
Externo	Oportunidad	Ambiente	1
		Logística	1
		Tecnologías de la Información	1
Total			26

Fuente: elaboración propia, 2021.

En la tabla 2 se evalúan y se presentan los riesgos clasificados en nivel alto, medio o bajo.

Tabla 2
Agrupación por nivel de riesgo

Años	Dirección de Proceso	Alto	Medio	Bajo
2018	Industrial Centro América		1	
	Calidad Centro América		1	
	Exiros Centro América		1	
2019	Industrial Centro América		2	
	Calidad Centro América		2	
	Industrial Centro América		3	
	Procesos Administrativos Recursos Humanos Gua	1	1	
	Ambiental Centro América		1	2
2020	Calidad Centro América		1	
	Industrial Centro América	1	2	
	Procesos Administrativos Recursos Humanos Gua		3	1
	Supply Chain CA			2
2021	Supply Chain CA			1
Total		2	18	6

Fuente: elaboración propia, 2021.

Se definen las debilidades y amenazas, descartando los casos de riesgo bajo y los del año 2018 por no seguir vigentes.

Tabla 3
Riesgos prioritarios en el proceso de galvanizado

Proceso	Análisis FODA	Alto	Medio
Control de EIMES (Metrología)	Debilidad		1
Gestión de Recursos Humanos Galvanizado	Amenaza	1	
Tecnologías de la Información	Debilidad		1
Gestión de Recursos Humanos Galvanizado	Amenaza		1
	Amenaza		2
	Debilidad		2
		1	7

Fuente: elaboración propia, 2021.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados muestran una evolución ascendente relacionada a la gestión de riesgos. Del año 2018 al 2019 el incremento es de 37.5 %, mientras que en el periodo del 2019 al 2020 se observa un salto significativo y el aumento es de 154 %.

Se revisan y analizan los casos reportados con la herramienta FODA y se establece cuáles riesgos están asociados con los diferentes procesos. El cambio mayor está afectado por la situación de pandemia, que corresponde al contexto externo de amenaza.

Tal como mencionan Castillo, Reina y Quiñonez, (2017), sobre cómo los factores internos y externos inciden positiva o negativamente para el logro de los objetivos, en los años 2018 y 2019 se reportan básicamente riesgos previstos en el contexto interno, entendidos como debilidades. En ese mismo periodo, los riesgos en el contexto externo, conceptualizados como amenazas, se incrementan en un 250 %.

En el contexto externo, la distribución y los procesos responsables de atenderlos son:

- Recursos humanos, con tres, asociados al clima laboral y legal.
- Logística de la cadena de suministros, con uno, relacionado con la continuidad de provisión de recursos.
- Tecnologías de la información, uno relacionado a la fiabilidad de los medios electrónicos.

En el contexto interno, la distribución y los procesos responsables de atenderlos son:

- a) Control metrológico y compras, con un riesgo asociado cada uno, siendo el primero por la centralización del conocimiento en una sola persona, para el segundo por la continuidad de la provisión de insumos de operación.
- b) Mantenimiento y servicios con dos, todos referidos al cumplimiento de rutinas de mantenimiento y la prestación de servicios industriales.
- c) Galvanizado con tres riesgos, uno por daño en equipos, otro por eficiencia de condiciones en horno y el tercero, por falta de protecciones contra incendio.
- d) Ambiente y logística con 2 cada uno; los de ambiente por posible incumplimiento legal y otro por eficiencia energética. Para logística, uno por falta de materia prima y el otro por falta de transportes.

CONCLUSIONES

1. La metodología de gestión de riesgos de la empresa se aplica bajo las normas estandarizadas ISO 31000 e ISO 9000 y, en base a los objetivos, mediante la mejora continua establece los escenarios de riesgo, el contexto y su origen interno o externo, para delimitar el rango de acción visualizando y planificando estrategias según las tendencias. Con ello se prepara y supera escenarios no predecibles como la pandemia del coronavirus.
2. La empresa cuenta con las herramientas que permiten asignar el efecto de los probables riesgos a procesos específicos, así como la identificación del grupo o parte interesada que podría ser afectada. Esto permite asignar responsabilidades y responsables para desarrollar las estrategias de tratamiento de los riesgos.
3. Aplicar el análisis FODA permite diferenciar la correspondencia de cada proceso con sus partes interesadas y, establece y declara los riesgos como las debilidades, cuando el contexto resulta interno y, en amenazas cuando son del contexto externo.

Esto permite identificar los procesos asociados al galvanizado que, según sus riesgos, afectan la continuidad de la operación productiva

4. Ponderar cualitativamente la probabilidad de que se materialice un riesgo y la gravedad de ese efecto, así como la asignación del nivel de riesgo de los procesos asociados a la operación de galvanizado, permite elaborar el mapa de riesgos.
5. La elaboración del mapa de riesgos agrupados como altos, medios o bajos según su efecto a la continuidad operativa, constituye la actividad precursora de las estrategias, tratamiento y control de los riesgos declarados, así como de categorizar la prioridad de los recursos en función de ese nivel de riesgo.

RECOMENDACIONES

1. Definir sesiones programadas con personal preparado para guiar la actividad de registro y gestión de riesgos, con el fin de aplicar de forma sistemática los pasos de la metodología y no saltarse o aplicar incorrectamente cada una de las herramientas que conlleva.
2. Revisar la efectividad de las estrategias aplicadas y definir mecanismos de seguimiento para que los controles implementados perduren en el tiempo y no se repita o aparezca de nuevo el riesgo cuyo efecto se previene.
3. Implementar dentro del módulo de servicios informáticos de la empresa el ejercicio de análisis FODA, herramienta previa clave y necesaria para establecer los riesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carriel Palma, R., Barros, C., y Fernández, F. (2018). Sistema de gestión y control de la calidad: Norma ISO 9001:2015. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 2(1), 625-644. doi:<https://doi.org/10.26820/recimundo/2.1.2018.625-644>
- Castillo, J., Reina, M. y Quiñonez, H. (2017). La administración de empresas y la gestión de los riesgos. *Dominio de las ciencias*, 3(1), 521-

534. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.ener.521-534>

Díaz, D. (2017). *Gestión de Riesgos en Entornos Empresariales Alineados a la Norma ISO 31000*. Universidad Piloto de Colombia. Bogotá: Universidad Piloto. Recuperado de: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4930>

Hernández, J. (2018). *Detección de los puntos críticos del proceso de galvanizado por inmersión en caliente: un enfoque hacia la sostenibilidad y desarrollo sostenible*. Tesis de Magíster en Ingeniería - Materiales y Procesos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63201/1152440025.2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lizarzaburu, E., Barriga, G., Noriega, L., López, L., & Mejía, P. (2017). Gestión de riesgos empresariales: marco de revisión ISO 31000. *Espacios*, 38(59), 8. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n59/a17v38n59p08.pdf>

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Químico, Pride Tolentino Alvizures Valle, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. Maestro en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021.

Afiliación laboral: Ternium Internacional, S.A.

Ingeniero Industrial, William Abel Xicaré Cuyuch Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. Maestro en Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016.

Afiliación laboral: Ternium Internacional, S.A.

MEJORA DE CALIDAD Y RENDIMIENTO DE CULTIVOS APLICANDO TECNOLOGÍAS DE IOT PARA EL MONITOREO REMOTO DE PH EN AGUA DE SOLUCIÓN DE NUTRIENTES EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO

Improvement of quality and yield of crop applying IoT technologies for remote monitoring of pH in nutrient solution water in a hydroponic system

José Alejandro Pablo

Mtro. en Gestión Industrial
alejopablo91@gmail.com

Jaime Eduardo Mercar Chonay

Mtro. en Administración Industrial
jmercarchonay@gmail.com

Recibido: 12 de noviembre de 2022. | Revisado: 20 de abril de 2023. | Aprobado: 20 de junio de 2023.

RESUMEN

La presente investigación busca mejorar la calidad en la producción de cultivos de lechuga hidropónica en un huerto urbano ubicado en la ciudad de Guatemala. El principal objetivo es el diseño e implementación de un sistema tecnológico que permita el monitoreo remoto del nivel de pH en agua de solución de un sistema de cultivo hidropónico NFT, y que en conjunto con las buenas prácticas agrícolas ayude a minimizar las fuentes de contaminación y así garantizar rendimiento, calidad e inocuidad en las cosechas. Como resultado se obtiene un sistema utilizando tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) que permite la mejora significativa en el tono de color verde aceptable de las cosechas con un incremento del 4 %. Se identifican los riesgos de contaminación en cada etapa del proceso productivo y se realizan 28 recomendaciones basadas en las BPA.

ABSTRACT

This research seeks to improve the quality in the production of hydroponic lettuce crops in an urban garden located in Guatemala City. The main objective is the design and implementation of a technological system that allows remote monitoring of pH levels in solution water of a NFT hydroponic cultivation system, and that together with good agricultural practices helps minimize sources of contamination and thus guarantee yield, quality and safety in crops. As a result, a system is obtained using Internet of Things (IoT) technologies that allows a significant improvement in the acceptable green color of the crops with an increase of 4%. Contamination risks are identified at each stage of the production process and 28 recommendations based on GAP are made.

PALABRAS CLAVE

Proceso productivo, buenas prácticas agrícolas, Internet de las cosas, NFT.

KEYWORDS

Productive process, good agricultural practices, Internet of things, NFT.

INTRODUCCIÓN

Se implementa en un huerto hidropónico urbano con capacidad de 200 cultivos, un sistema utilizando tecnologías del IoT que, como lo indican Rose, Eldridge & Chapin (2015), permite aumentar la disponibilidad de información a lo largo de la cadena de valor de la producción.

La medición de forma remota se realiza por medio de un sensor conectado en red que mide y transmite los valores de pH a cada hora de forma diaria para dos períodos de cosecha, obteniendo una tasa de permanencia del 67 % dentro de los niveles recomendados de pH de 5.8 a 6.5 (Andreau, Beltrano y Giménez, 2015). Con estos datos el productor dispone de una referencia general del estado del sistema y su funcionamiento, como indican Baixauli Soria y Aguilar (2002) y esto le permite ser más proactivo y menos reactivo en la toma de decisiones que benefician al correcto desarrollo de los cultivos (Evans, 2011).

Durante las etapas del proceso productivo se identifican los riesgos de contaminación y se proponen recomendaciones de buenas prácticas agrícolas como parte de un sistema de aseguramiento de la calidad que permita garantizar salud e inocuidad en los cultivos cosechados.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para lograr los objetivos planteados, la investigación se aborda con un alcance descriptivo ya que se recolecta información por medio de la revisión documental de fuentes como bases de datos, listas de trazabilidad, listas de chequeo estandarizado, así como la observación directa y estructurada de todas las etapas del proceso productivo.

El enfoque de la investigación es mixto, ya que se utilizan las fortalezas de la investigación cuantitativa y descriptiva para la recolección, análisis y vinculación de los datos. El diseño es no experimental porque no se tiene control sobre las variables bajo análisis,

únicamente se describen y analizan con base en la observación tal y como se dan en su contexto natural.

Se toman lecturas de los valores de pH una vez por semana de forma manual para las primeras dos cosechas y a cada hora para la medición de forma remota. Luego de recopilar toda la información de cada cosecha, se aplican técnicas estadísticas para determinar si existe mejora significativa en los indicadores de calidad y se proponen acciones y recomendaciones basadas en las BPA para minimizar el impacto que tienen los riesgos de contaminación identificados en cada etapa del proceso productivo.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se implementa un sistema de monitoreo utilizando un sensor de pH con transmisor RS485 cuya sonda de pH se instala en el tanque de solución del sistema hidropónico, el sensor se comunica mediante modbus RTU hacia un registrador de datos con entradas analógicas y módem 4G LTE.

El envío de las lecturas desde el registrador de datos hacia Thingspeak, que es el servidor MQTT y plataforma de visualización de las lecturas de pH en la nube, se realiza por medio del protocolo MQTT a través de la red celular.

El diseño implementado se presenta a continuación en la figura 1:

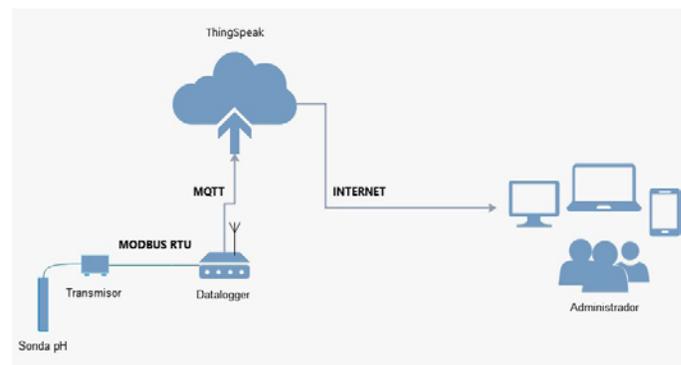


Figura 1. Diagrama del sistema de monitoreo remoto de pH

Fuente: elaboración propia, 2021.

Con relación a las lecturas de los valores de pH que se realizan una vez por semana de forma manual para las primeras dos cosechas y a cada hora para la medición de forma remota, se presenta en la figura 2 la visualización de las lecturas de pH en la plataforma Thinkspeak:

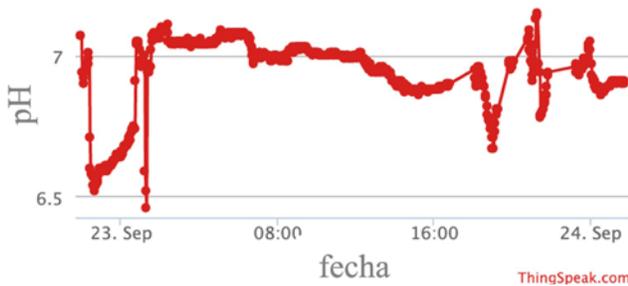


Figura 2. Gráfica de lecturas de pH en Thinkspeak
Fuente: elaboración propia, 2021.

El resultado del total de las lecturas tomadas en los periodos de cultivo 3 y 4 que son de 27 y 26 días respectivamente, se presentan en la figura 3:

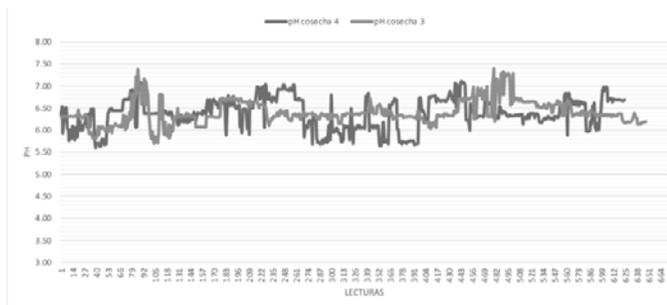


Figura 3. Lecturas de pH registradas de forma remota durante los periodos 3 y 4.
Fuente: elaboración propia, 2021.

Con la información obtenida de las fichas de trazabilidad para cada cosecha se procede a analizar los indicadores de calidad correspondientes al peso promedio de los cultivos, color verde aceptable de los cultivos cosechados, porcentaje de cultivos con manchas o quemaduras, porcentaje de cultivos con espigado y el rendimiento comercial de la cosecha; siendo la variable de color verde aceptable, la única que tuvo un impacto significativo al pasar de un sistema de manual de toma de valores de pH a un sistema de monitoreo remoto de la variable de pH, ya que la tasa de aceptación se incrementa de un 70 % a un 74 %, respectivamente.

Se identifican las etapas del proceso productivo de los cultivos siendo estas la de trasplante, desarrollo y cosecha. Para cada etapa se identifican los riesgos de contaminación biológica, química y física, su probabilidad de ocurrencia e impacto.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El recurso tecnológico que se utiliza para el desarrollo del sistema de monitoreo remoto de la variable de pH representa el costo más alto del proyecto. Esto se debe a que es equipo con características industriales con protocolos de comunicación de última generación.

El protocolo de comunicación MQTT resulta fácil de implementar y configurar en el registrador de datos una vez se crean los dispositivos en la plataforma Thinkspeak y se generan las credenciales para suscripción del dispositivo cliente. A pesar del acceso a una cuenta gratuita para el almacenamiento y visualización de datos, Thinkspeak se alcanza la recopilación del 100 % de los registros de la variable de pH durante los dos periodos de cultivo.

Como resultado, se permite al productor visualizar la tendencia de los niveles de pH y realizar correcciones anticipadas, evitando de esta manera que se alejen de forma significativa de los valores ideales.

Las ventajas del monitoreo constante y remoto también se manifiestan tras realizar la prueba de varianzas entre los grupos de medición manual y medición remota, ya que identifica un incremento significativo del 4 % en el segundo grupo para la variable de color verde de los cultivos cosechados.

Finalmente, identificar que los riesgos significativos en el proceso productivo de lechuga hidropónica se concentran en la etapa de manejo y desarrollo del cultivo, tiene un mayor impacto en la calidad e inocuidad de tipo biológico y químico.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un sistema de monitoreo remoto para conocer los niveles de pH en agua de solución de un sistema hidropónico NFT, reporta una tasa de permanencia del 67% dentro de los niveles de 5.5 a 6.5 para los períodos de cosecha 3 y 4. La mejora en la calidad y rendimiento de las cosechas se refleja de forma significativa en el tono de color verde aceptable con un incremento del 4 %.
2. Los indicadores de calidad contribuyen a estandarizar las cosechas y son el punto de partida para implementaciones que buscan mejorar el rendimiento de las cosechas y permiten realizar ajustes de los límites tras cada cosecha.
3. Entre los tipos de contaminación biológica, química y física que se identifican en las tres etapas de la cadena de producción, los de tipo biológico se encuentran presente en todas las etapas.

Para minimizar estos riesgos de contaminación se establecen 28 recomendaciones basadas en las BPA.
4. Se determina que entre los principales beneficios del monitoreo remoto de la variable de pH en un sistema hidropónico NFT, se encuentra el de poder responder de forma más rápida ante los cambios de niveles de pH y realizar el ajuste correspondiente para mantener la permanencia de los niveles dentro del rango adecuado.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar la técnica de hidroponía por NFT en huertos urbanos como alternativa de producción de cultivos en pequeños predios,

con la intención de producir alimentos para el autoconsumo y comercialización, para así fomentar nuevos canales de producción y abastecimiento de alimentos.

2. Implementar y seguir los lineamientos que las BPA recomiendan para la producción de cultivos en huertos hidropónicos para asegurar la inocuidad de las cosechas, principalmente los relacionados con riesgos de contaminación biológica y química.
3. Para garantizar la inocuidad en las etapas previas al trasplante se deben adquirir los pilones en un establecimiento que cumpla las normas sanitarias y de buenas prácticas para evitar problemas de patógenos en el sistema. También se recomienda monitorear la temperatura de la solución recirculante en las tuberías y depósito del sistema NFT para evitar hongos y pérdida de cultivos, así como verificar la cantidad de horas y porcentaje de luz que incide sobre los cultivos para evitar pérdidas en los cultivos por elongación por falta de luz. Agregar más sensores para el monitoreo de otras variables del agua de solución como temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica (iones disueltos).

REFERENCIAS

- Andreau, R., Beltrano, J., y Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires, Argentina: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Baixauli, C. & Aguilar, J. (2002). *Cultivo sin suelo de Hortalizas*. Editorial Generaliat. Valencia, España. 110 p.
- Evans, D., (2011). Internet de las cosas cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*. Recuperado de <https://www.>

cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *La internet de las cosas — una breve reseña*. Internet Society (ISOC). Recuperado de <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>

INFORMACIÓN DEL AUTOR

Ingeniero electrónico, José Alejandro Pablo, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2020. Maestro en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2022. Afiliación laboral: Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A,

Ingeniero Eléctrico, Jaime Eduardo Mercar Chonay, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. Maestría en Administración Industrial y Empresas de Servicios, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. Afiliación laboral: Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A,

SELECCIÓN Y RECLUTAMIENTO DE PERSONAL CON BASE EN COMPETENCIAS LABORALES PARA EL ÁREA DE SUBLIMACIÓN DE UNA EMPRESA

Selection and recruitment of personnel based on labor skills for the sublimation processing area of a company

Hansel Gary Franco López

Mtro. en Gestión Industrial
Inge.garyfranco@hotmail.com

Hengelber Yohane Palencia Agustín

Mtro. en Ciencias Criminalísticas
hpalenque44@gmail.com

Recibido: 01 de abril de 2023.

Revisado: 08 de julio de 2023.

Aprobado: 10 de agosto de 2023.

RESUMEN

El objetivo del estudio es el diseño de un programa de reclutamiento y selección de personal basado en competencias para una empresa textil, específicamente en el departamento de sublimación. El departamento ha presentado durante los últimos años rechazos por parte de los clientes, por lo que se necesita encontrar el punto de causa raíz que afecta directamente la calidad del producto producido. Para esto se toma en cuenta las opiniones de los clientes, se realiza un diagnóstico situacional de las no conformidades identificadas y se analizan mediante distintas herramientas, para identificar el área de diseño que representa el punto de causa raíz; con esta base se diseña un programa de reclutamiento y selección de personal basado en competencias. Finalmente, se evalúan los beneficios de la implementación y se identifica una reducción del Número de prioridad de riesgo- NPR.

PALABRAS CLAVE

Selección de personal, competencias laborales, diseño de puestos de producción, sublimación.

ABSTRACT

The objective of the study is the design of a competency-based recruitment and selection program for a textile company, specifically in the sublimation department. The department has experienced rejections by customers in recent years, so it is necessary to find the root cause point that directly affects the quality of the product. For this, the opinions of the clients are considered, a situational diagnosis of the non-conformities identified is carried out and they are analyzed using different tools, to identify the design area that represents the root cause point; On this basis, a competency-based recruitment and selection program is designed. Finally, the benefits of the implementation are evaluated, and a reduction of the Risk Priority Number- NPR is identified.

KEYWORDS

Selection of personnel, labor competencies, design of production positions, sublimation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centra en determinar, describir y clasificar las competencias laborales de los colaboradores del área de sublimación, mediante métodos y técnicas que ayudan a la elaboración de un diseño de selección y reclutamiento de personal por competencias, que se implementa siguiendo las etapas fundamentales que se identifican en García (2006). Para ello se desarrolla un análisis de variables de gestión por competencias, que se convierte en un elemento de estrategia para el éxito de esta investigación, pues es el eje primordial para la creación, aplicación y funcionalidad del diseño. Es importante tener un acercamiento con el individuo mediante un formato de entrevista como lo comenta Manco (2018). El departamento de sublimación presenta un indicador alto de rechazos de sus clientes, debido a distintas razones que se van conociendo durante el desarrollo de la investigación.

La necesidad del estudio surge debido a que el indicador de rechazos por parte de los clientes ha sobrepasado el nivel de tolerancia permitido por parte del área, las no conformidades causales de los rechazos son de carácter actitudinal y competente, siendo la competitividad de los colaboradores lo que se busca (Cueva y Erazo, 2014).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio se realiza a partir de la evaluación documental y entrevista a los jefes del departamento para la recolección de información, tal como lo indica Mayorga (2020). Por medio de distintas herramientas de la estadística descriptiva se realiza el análisis de la información recolectada. A partir de dicho análisis se interpreta cuantitativa y cualitativamente para evaluar alternativas de solución que sean factibles y viables. La propuesta se desarrolla en coherencia con la alternativa de solución que se selecciona y se procede a su desarrollo.

En síntesis, el estudio se desarrolla en las etapas siguientes: revisión documental, gestión y recolección de información, análisis e interpretación de información, desarrollo e implementación de la propuesta de solución y socialización de resultados.

RESULTADOS OBTENIDOS

En la primera fase de la investigación se realiza una recolección de información que proporciona evidencia sustancial de los rechazos, que en su mayoría son provocados en el área de diseño, por lo que se identifican los problemas vitales y se clasifican por las competencias laborales que involucran. De acuerdo con Cervantes (2011), al realizar el perfil basado en competencias que un diseñador debe poseer, al momento de implementar este perfil se logra analizar las no conformidades presentadas y se obtiene una mejora significativa en el proceso.

A continuación, se presentan las no conformidades recopiladas durante la fase de estudio.

Tabla 1
Competencias asociadas a las no conformidades

Ranking	Causa / Problema / Fenómeno	Competencia
13	Contaminación en twill	Técnicas
7	Discrepancias en medidas de twill	Técnicas
8	Doble punto de impresión	Matemáticas
14	Hojas técnicas incompletas / mal identificadas sub y twill	Metódico
3	Impresión incompleta	Proceso
4	Impresión mal centrada	Matemáticas
9	Mal arte de twill	Técnicas
17	Mal procedimiento en sublimado para pruebas de color	Técnicas
10	Mal procedimiento en twill para pruebas de color	Técnicas
5	Migración en twill	Metódico
11	Muestras sin folder / con defecto de tela / tela incompleta	Proceso de cuadro
1	Pixeado	Metódico
15	Rechazo por defecto sombra en twill	Proceso
16	Rechazo por mal centrado Pieza Sublimada	Metódico
2	Registro twill	Proceso
6	Reporte de impresión icompletos	Proceso de sublimado
18	Faltantes	Proceso de sublimado
19	Impresión equivocada	Matemáticas
20	Mal arte en sublimación	Metódico
12	Impresión arrugada sub	Técnicas

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se muestran las competencias necesarias asociadas a cada no conformidad presentada, entre las que destacan las de naturaleza técnica y metodológica. En la tabla 2 se muestra la información recolectada del total de no conformidades que representan los rechazos por parte del cliente, antes de la aplicación del diseño de selección y reclutamiento por competencias. Puede notarse que más de la mitad de las causas de reclamo (54 %) se relacionan con aspectos como: pixelado,

registro, migración y discrepancia de medidas en twill, impresión incompleta y mal centrada, así como reportes de impresión incompletos.

Tabla 2
No conformidades en Departamento de sublimación

	Posición real (Cuasas y datos recolectados ordenados)	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Pixeado	10	9%	9%
2	Registro twill	20	9%	17%
3	Impresión incompleta	29	8%	25%
4	Impresión mal centrada	38	8%	32%
5	Migración en twill	47	8%	40%
6	Reporte de impresión incompletos	56	8%	48%
7	Discrepancias en medidas de twill	63	6%	54%
8	Doble punto de impresión	69	5%	59%
9	Mal arte de twill	75	5%	64%
10	Mal procedimiento en twill para pruebas de color	81	5%	69%
11	Muestras sin folder / con defecto de tela / tela incompleta	87	5%	74%
12	Impresión arrugada sub	92	4%	79%
13	Contaminación en twill	96	3%	82%
14	Hojas técnicas incompletas / mal identificadas sub y twill	100	3%	85%
15	Rechazo por defecto sombra en twill	104	3%	89%
16	Rechazo por mal centrado Pieza Sublimada	108	3%	92%
17	Mal procedimiento en sublimado para pruebas de color	111	3%	95%
18	Faltantes	113	2%	97%
19	Impresión equivocada	115	2%	98%
20	Mal arte en sublimación	117	2%	100%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se muestra que el indicador denominado Número de prioridad de riesgo- NPR- se reduce luego de implementar el diseño de selección y reclutamiento de personal por competencias específicas para el puesto de trabajo relacionado con la sublimación.

Tabla 3
Comparación del indicador NPR antes y después de las acciones que se implementan

N P R	Acción(es) Recomendada(s)	Responsable y Fecha Objetivo	Resultados de las acciones			Nuevo NPR	
			Acción(es) Tomada(s)	Nueva Severidad	Nueva Ocurrencia		Nueva Detección
245	* Revisión de estilo entre diseño y Calandra 1	Encargados de procesos	* Revisión de estilo entre diseño y Calandra 1	2	1	2	4
392	* Rotación de operadores entre subprocesos	Encargados de procesos	* Rotación de operadores entre subprocesos	3	2	2	12
150	* Capacitación a inicio de semana	Encargados de procesos	* Capacitación a inicio de semana	3	2	3	18
64							0
96	* Colocar 2 personas a halar el papel para ingreso	Encargados de procesos	* Colocar 2 personas a halar el papel para ingreso	4	2	1	8
96	* Capacitación a encargados y operarios sobre el manejo de Calandra 1 y forma de detección de felpa desalineada	Jefe de turno y encargados de procesos capacitados	* Capacitación a encargados y operarios sobre el manejo de Calandra 1 y forma de detección de felpa desalineada	3	2	2	12
120	* Monitoreo de impresión de papel * Asignar el papel "ancho" a estilos apropiados	Diseñadores o ayudantes	* Monitoreo de impresión de papel * Asignar el papel "ancho" a estilos apropiados	1	3	3	9

Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los resultados obtenidos de la recolección de información, se determina que la mayor parte de no conformidades pertenecen al área de Diseño, representando este el punto de causa raíz, cuantificado en un 76 % del total de las no conformidades, las cuales se asocian con el reclutamiento y selección de personal que inicialmente realiza la empresa. Estas no conformidades resultantes del estudio se deben a distintos factores que se ven reflejados proporcionalmente a las competencias de los colaboradores a cargo de dicha área.

Más específicamente, se identifica que un 36 % del total de las no conformidades están asociadas a competencias técnicas elementales que se adquieren durante el estudio profesional y que se deben poseer para ser diseñador. Un 18 % del total de las no conformidades están asociadas a habilidades numéricas y razonamiento matemático simple como lo son sumar, restar, multiplicar y dividir; mientras el 22 % del total de las no conformidades están asociadas a la falta de colaboradores metódicos que sean previsibles, organizados y tiendan a mantener y cumplir sus responsabilidades.

Al implementar el diseño de selección y reclutamiento de personal con base en competencias laborales, se reducen las puntuaciones del indicador NPR.

CONCLUSIONES

1. Se identifican las razones por las cuales existe un alto índice de rechazo de productos por parte del cliente, siendo 12 problemas a los cuales se dirigen los esfuerzos para atender las causas.
2. De estos problemas vitales 10 pertenecen al área de diseño por lo que se logra determinar que dicha área es el punto de causa raíz.
3. Se analizan los puntos críticos de los procesos que afectan el desarrollo de los subprocesos y

que ocasionan no conformidades, dichos puntos críticos están asociados en su mayoría a aspectos relacionados con el área de diseño, a los que se aplican medidas correctivas.

4. Se desarrollan los procedimientos del diseño de selección y reclutamiento de personal con base en competencias laborales que sirven como filtros para el adecuado proceso, se desarrolla el plan de acción para mitigar los problemas vitales que existen.
5. Se miden los beneficios de la metodología de selección y reclutamiento de personal con base en competencias por medio del NPR y se obtienen resultados satisfactorios.

RECOMENDACIONES

1. Al departamento de sublimación se sugiere mantener la vigilancia brindando actualizaciones periódicas cada trimestre de las no conformidades recopiladas directamente de los clientes.
2. A las partes involucradas, gerentes y jefes de planta, se sugiere mantener el diseño de selección y reclutamiento por competencias para tener bajo control los puntos críticos que tienen medidas correctivas y se sugiere hacer los análisis en períodos no mayores a 2 meses para evitar que existan puntos críticos fuera de control.
3. Valorar la implementación de perfiles basados en competencias para los encargados de cada proceso donde se identifican problemas triviales, con el objetivo de evitar no conformidades que posteriormente provoquen puntos críticos fuera de control.

REFERENCIAS

Cervantes, G. (2011). *El proceso de selección de persona por competencias en ADECCO - Filial Arequipa*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1012>

Cueva D. y Erazo P. (2014). *Modelo de administración del recurso humano por competencias: descripción, análisis y clasificación de puestos, reclutamiento, selección e inducción, para el área técnica de la Gerencia Nacional de Operaciones de la Cnt E. P.* Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8650>

García, S. (2006). *Guía de reclutamiento y selección de personal para una empresa dedicada al transporte de carga pesada*. (Tesis de Maestría). Universidad Rafael Landívar. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2014/01/01/Soto-Sucely.pdf>

Manco, C. (2018). *Reclutamiento y Selección de personal y el desempeño laboral en el Departamento de Patología Clínica y Anatomía patológica*. (Tesis de Maestría) Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/16208/Manco_CCS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mayorga (2020), Propuesta modelo de reclutamiento y selección de personal en Hostal Leyendas, Nicaragua Recuperado: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/8069>

INFORMACIÓN DEL AUTOR

Ingeniero Industrial, Hansel Gary Franco López, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2019.

Maestro en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2022.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5S PARA SISTEMATIZAR LA FORMULACIÓN DE PRODUCTOS EN UN LABORATORIO COSMÉTICO

Application of the 5S methodology to systematize the formulation of products in a cosmetic laboratory

Diana Carolina Lizama Marin

Mtra. en Gestión Industrial
dianaliza9888@gmail.com

José Antonio Rosal Chicas

Dr. en Ciencias de la Investigación
biocombustiblesusac@gmail.com

Recibido: 01 de abril de 2023.

Revisado: 08 de julio de 2023.

Aprobado: 10 de agosto de 2023.

RESUMEN

Los atrasos en los tiempos de finalización de ensayos en la formulación de productos cosméticos se deben principalmente a la confusión que se genera entre las pruebas realizadas, provocando reformulaciones y parámetros de calidad establecidos incorrectamente. Por lo que el objetivo principal es mejorar el proceso de formulación para cada producto y ejecutar un correcto seguimiento a las pruebas realizadas.

Como resultado se obtiene una categorización de productos, siendo cinco en total. Se realiza un procedimiento para cada tipo de producto, unificados en un documento. Cada uno tiene 13 actividades, incluyendo una para cada S de la Metodología 5S. Se valida por medio de una encuesta y se determina que todas las personas encargadas de formulación identifican como mejoras en el proceso la disminución de errores y mayor rapidez en la formulación con la implementación de los procedimientos.

PALABRAS CLAVE

Gerencia estratégica, metodología 5S, manual de cosméticos, planeación de proyectos.

ABSTRACT

The delays in the completion times of trials in the formulation of cosmetic products are mainly due to the confusion that is generated between the tests carried out, causing reformulations and incorrectly established quality parameters. Therefore, the main objective is to improve the formulation process for each product and execute a correct follow-up to the tests carried out.

As a result, a product categorization is obtained, with five in total. A procedure is carried out for each type of product, unified in a document. Each one has 13 activities, including one for each S of the 5S Methodology. It is validated by means of a survey and it is determined that all the people in charge of formulation identify as improvements in the process the reduction of errors and greater speed in the formulation with the implementation of the procedures.

KEYWORDS

Strategic management, 5S Methodology, cosmetics manual, project planning.

INTRODUCCIÓN

La importancia del trabajo de investigación se alinea con la estrategia de la mejora continua, utilizando la metodología 5S para aumentar la eficiencia y mejorar el proceso de formulación que se realiza en un laboratorio de productos cosméticos. Según Morales y Tobar (2010), los procedimientos operativos estándar son lineamientos generales para utilizar en todas las operaciones.

Se proponen procedimientos sistematizados para cada tipo de cosmético para aportar mejoras en el proceso de formulación, análisis y establecimiento de parámetros de calidad confiables, que generen mayor satisfacción de los principales beneficiarios del proyecto: las personas encargadas de formulación.

El enfoque del trabajo de investigación es mixto, el diseño es no experimental con alcance descriptivo. La línea de investigación con la cual se relaciona el presente estudio es la de Gerencia estratégica en planeación de proyectos.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se inicia con la caracterización de la gestión de las pruebas de formulación de productos cosméticos. El esquema que se ensaya en la solución consta de cinco etapas principales:

- a) Revisión documental sobre las metodologías para la mejora continua en laboratorios de ensayo.
- b) Identificación de actividades específicas que se realizan en el laboratorio, por medio de visitas y registro de observaciones.
- c) Definición de procedimientos y formatos con los que se deben realizar los procesos para estandarización y mantenimiento del cumplimiento de la metodología que se aplica para la mejora continua de cada tipo de cosmético, así como los indicadores y actividades que se deben registrar.

- d) Adaptación de la metodología 5S para el desarrollo de los procedimientos para cada tipo de prueba incluyendo la clasificación, orden, limpieza, estandarización y mantenimiento del cumplimiento de la metodología y procedimiento.
- e) Evaluación de beneficios por medio de una encuesta a las personas encargadas de realizar formulaciones.

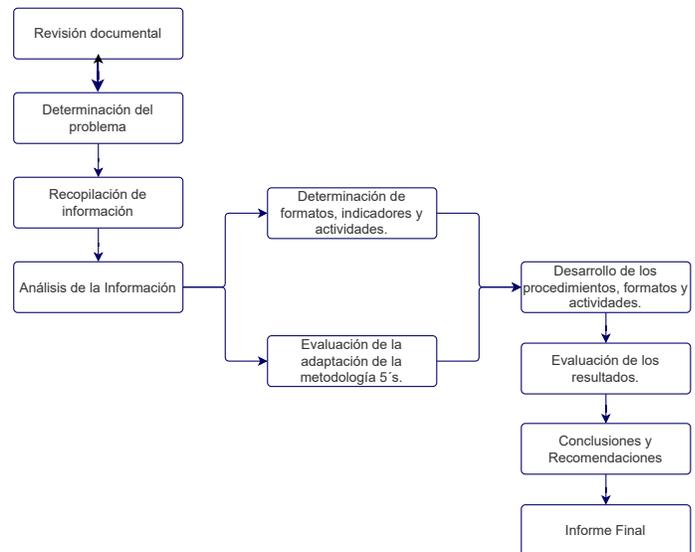


Figura 1. Esquema de solución ensayada
Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se determina que existen cuatro personas encargadas de formulación, con un equipo limitado de laboratorio. Se observan las actividades que realizan actualmente para la formulación cosmética entendida como el proceso de combinar diferentes tipos de materias primas en proporciones específicas para crear un producto (Universidad Veracruzana, 2015).

Se evalúan cuáles actividades se deben incluir y solamente se escogen 13 de 15 actividades. No se incluyen dos, la limpieza de toda la instrumentación y la limpieza del área de trabajo administrativa debido a que son innecesarias. Con base en observaciones efectuadas durante la visita al laboratorio se establecen

cinco categorías de cosméticos: Crema corporal, Gel corporal, Fragancia fina, Cosmético de color y Producto de limpieza del hogar, con los indicadores de pH y temperatura que se incluyen en la tabla 1.

Tabla 1
Indicadores para cada tipo de cosmético

Tipo de cosmético	Indicador
Crema Corporal	pH: 6.0 - 7.5
Gel Corporal	pH: 6.0 - 7.5
Fragancia Fina	pH: 5.0 - 8.5
Cosmético de color	Temperatura de fusión 40 a 70 °C
Producto de Limpieza del Hogar	pH de 7 a 9 para básicos y 6 a 5 para ácidos.

Fuente: elaboración propia



Se realizan cinco procedimientos, uno para cada tipo de producto, que incluyen las 13 actividades que se muestran en la figura 2, un indicador y dos formatos para el etiquetado e identificación de procesos, adaptados a la metodología 5S.

Con la encuesta que se realiza se obtiene como resultado que las personas encargadas de formulación determinan que con el procedimiento se puede disminuir los errores en la formulación, se puede mejorar el orden, organización y optimización en la formulación.



Figura 2. Actividades de procedimiento
Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cuyún (2017), desarrolla un estudio con enfoque en la elaboración de procedimientos operativos para la obtención de un registro sanitario, a partir del cual propone diferentes procedimientos según la clasificación de cosméticos o productos. A partir de dicho estudio se determinan los parámetros fisicoquímicos que se requieren para la categorización de los cosméticos que se genera en la presente investigación.

Los productos de limpieza del hogar no son un cosmético, pero al ser un producto que formula la empresa se debe incluir. Cada procedimiento tiene 13 pasos, incluyéndose como un paso para clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener. Se elabora un manual de procedimientos que contiene todas las especificaciones de cada actividad.

Al evaluar los beneficios de los procedimientos establecidos e implementados, se coincide con el estudio de Hernández (2018), que concluye que con la aplicación de la metodología 5S se resuelven problemas de seguridad, orden y limpieza que disminuyen tiempos perdidos. Los resultados de la encuesta aplicada a las personas encargadas de la formulación y etiquetado de productos cosméticos, establecen que con el procedimiento que se implementa se puede mejorar el orden, organización y optimización en la formulación, lo cual coincide con lo reportado por Arrese (2017), con relación a la reducción del tiempo empleado en los procesos al implementar la metodología 5S.

CONCLUSIONES

1. Se identifican quince actividades que se realizan actualmente en la formulación de cosméticos en el laboratorio de un departamento de investigación y desarrollo, de las cuales se seleccionan trece para su adaptación a la metodología 5S.
2. Se categorizan los tipos de cosméticos para hacer un procedimiento de etiquetado e identificación,

siendo cinco los tipos de productos: crema corporal, gel corporal, fragancia fina, cosmético de color y un producto para limpieza del hogar.

3. Se elaboran los procedimientos para la adaptación de la metodología 5S, cada uno de los cuales incluye trece actividades en las que se aplica la metodología 5S: para la selección, orden, limpieza, estandarización y mantenimiento.
4. El principal beneficio de implementar los procedimientos establecidos es la disminución de errores en las formulaciones y la reducción de tiempos de reprocesos.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que las actividades se realicen en el orden que se determinó en el procedimiento de etiquetado e identificación de muestras. Revisar anualmente las actividades.
2. Si el laboratorio llega a tener la capacidad de realizar otro tipo de cosmético o producto se sugiere que se realice el procedimiento en base a sus parámetros.
3. Capacitar a las personas encargadas de formulación del procedimiento para etiquetado e identificación.

REFERENCIAS

- Arrese, C. (2017). *Mejora de procesos de un laboratorio de análisis fisicoquímico a través de la implementación de la herramienta "5S"*. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú.
- Cuyún, K. (2017). *Propuesta de guía para la elaboración de registros sanitarios de productos cosméticos utilizados en tinción capilar dirigidos a empresas fabricantes en Guatemala*. Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hernández, A. (2018). *Implementación de las 5S para mejorar el desempeño del laboratorio*

de una empresa de distribución de productos químicos. Instituto Politécnico Nacional de México, México.

Morales, E. y Tobar, H. (2010). *Diseño de los procedimientos generales de operación estándar (Poe's) para las formas cosméticas fabricadas en El Laboratorio de tecnología farmacéutica II.* Universidad de El Salvador. Universidad Veracruzana. (2015). *Elaboración de cosméticos.* México: Autor.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniera Química, Diana Carolina Lizama Marín, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, 2022.

Maestra en Gestión Industrial de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2023.

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ADMINISTRATIVO CON BASE EN EL MÉTODO BALANCED SCORECARD

Administrative performance evaluation based on the Balanced Scorecard method

René Oswaldo Monge López

Mtro. en Gestión Industrial
renemongeusac@gmail.com

Mayra Virginia Castillo Montes

Dra. en Educación
mayracastillom@yahoo.com

Recibido: 10 de febrero de 2022.

Revisado: 20 de julio de 2023.

Aprobado: 12 de agosto de 2023.

RESUMEN

El método Balanced Scorecard se utiliza para evaluar el desempeño administrativo en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Se aplica una encuesta a 307 estudiantes y egresados y se realizan grupos focales con el personal administrativo, para generar información sobre las características de la institución y se identifican las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Con base en un sistema de veinte indicadores del desempeño administrativo distribuidos en las perspectivas financiera, clientes, procesos internos e innovación y desarrollo, se determina un nivel de cumplimiento global de 31.26 %.

Las perspectivas con menor nivel de cumplimiento son innovación y desarrollo (23 %) y procesos internos (11 %). Los indicadores con mayor cumplimiento son: crecimiento financiero (67.60 %) en la perspectiva financiera; comunicación 66.75 %, en la perspectiva de innovación y desarrollo; satisfacción del usuario (62.09 %) en la perspectiva de clientes.

PALABRAS CLAVE

Método Balanced Scorecard, evaluación, desempeño administrativo, procesos críticos, indicadores.

ABSTRACT

The Balanced Scorecard method is used to evaluate administrative performance at the School of Graduate Studies of the Faculty of Engineering, Universidad de San Carlos de Guatemala. A survey is applied to 307 students and graduates and focus groups are carried out with the administrative staff, to generate information on the characteristics of the institution and to identify the strengths, weaknesses, opportunities and threats. Based on a system of twenty indicators of administrative performance distributed among the Financial, Clients, Internal Processes and Innovation and development perspectives, a global compliance level of 31.26% is determined.

The perspectives with the lowest level of compliance are Innovation and development (23%) and Internal processes (11%). The indicators with the highest compliance are: Financial growth (67.60%) in the financial perspective; Communication 66.75%, in the perspective of innovation and development; User satisfaction (62.09%) from the perspective of Clients.

KEYWORDS

Balanced Scorecard Method, evaluation, administrative performance, critical processes, indicators.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enfoca en un modelo de evaluación que permite medir el desempeño administrativo de la Escuela de Estudios de Postgrado (EEP) de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. De acuerdo con Guillén (2016), el método Balanced Scorecard (BSC) evalúa y mide el desempeño estratégico en la educación superior y sugiere el seguimiento de los indicadores elegidos para una visión clara de los procesos que se miden de manera integral.

El diseño de esta evaluación pretende fundamentar la toma de decisiones basada en resultados obtenidos en los indicadores, los cuales están en función de los procesos críticos que afectan de manera directa el desempeño administrativo de la EEP, tal y como lo recomienda Flores (2009).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio es de enfoque mixto, porque se basa en un análisis cualitativo del entorno de la EEP por medio de la matriz FODA, que se fundamenta con base a opiniones de colaboradores y grupos focales. Por otra parte, es cuantitativo porque se realiza el análisis por medio del diagrama de Pareto para identificar procesos críticos.

La población en estudio se conforma por: autoridades, estudiantes, egresados y personal administrativo de la EEP de la Facultad de Ingeniería, USAC, a quienes se entrevista y se debate en grupos focales.

Con base en la revisión de literatura se identifican referentes investigativos para la evaluación del desempeño administrativo. Seguidamente, se establecen indicadores adecuados para medir el desempeño y metas para evaluar la matriz de indicadores de resultados que permiten determinar el porcentaje de global de cumplimiento.

RESULTADOS OBTENIDOS

Para determinar el porcentaje de cumplimiento del desempeño por medio de la herramienta BSC, se realiza un diagnóstico situacional del entorno institucional por medio del análisis FODA, en donde se identifican las debilidades más importantes, como se observa en la tabla 1.

Tabla 1
Debilidades identificadas con el análisis FODA

No.	Debilidades
D01	No hay inversión en infraestructura y equipo.
D02	No se evalúa el crecimiento financiero.
D03	No existe un programa de seguimiento a egresados.
D04	Bajo porcentaje de eficiencia terminal.
D05	Falta de seguimiento al porcentaje de deserción.
D06	No se evalúa la satisfacción de los usuarios.
D07	No hay continuidad a autoevaluación de programas académicos.
D08	No se generan estudios de rendimiento académico.
D09	No existe seguimiento a estudiantes con cierre de pensum.
D10	Falta de mecanismos eficientes de control para dar seguimiento al cumplimiento de procesos académicos.
D11	No existe evaluación del desempeño del personal administrativo.
D12	No existe proceso de inducción dentro de la EEP.
D13	Falta de proyectos de vinculación interinstitucional.
D14	Dificultad de comunicación entre unidades.
D15	Se carece de programas de fortalecimiento académico.
D16	Falta de programas de capacitación para el personal docente.
D17	No existe un programa de apoyo a la investigación.
D18	No existe cultura de trabajo en equipo.
D19	Se carece de laboratorios.
D20	No se evalúa el clima organizacional.

Fuente: elaboración propia

Para continuar con el diseño de la evaluación, se identifican procesos por medio de la aplicación de una encuesta a 307 estudiantes y egresados de diferentes programas de maestría; los resultados se sintetizan en el diagrama de Pareto que se muestra en la figura 1.

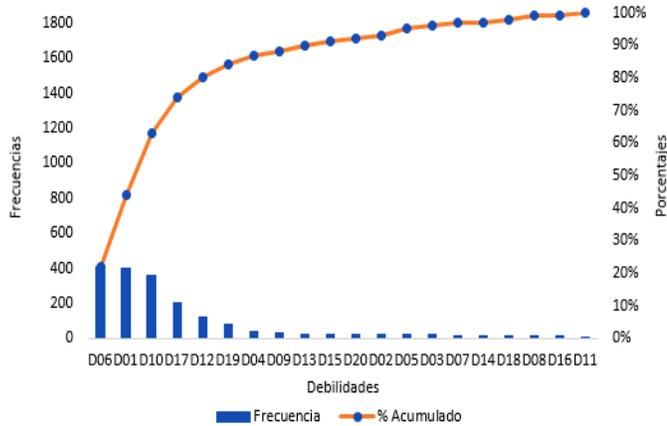


Figura 1. Procesos críticos que afectan el desempeño administrativo

Fuente: elaboración propia

El gráfico de procesos críticos permite demostrar el impacto que cada uno de estos tiene en el desempeño administrativo de la Escuela de Estudios de Postgrado:

- a) No se evalúa la satisfacción de los clientes.
- b) No hay inversión en infraestructura y equipo.
- c) Falta de mecanismos de control eficientes para evaluar el cumplimiento de procesos académicos.
- d) No existe un programa de apoyo a la investigación.
- e) No existen procesos de inducción dentro de la EEP.

Con base en los procesos críticos que se identifican, se diseñan estrategias para cada perspectiva del BSC, siendo estas:

- a) Financiera: mejorar el crecimiento financiero para invertir en infraestructura y equipo.
- b) Clientes: evaluar e implementar procesos para

- lograr la satisfacción y fidelización de los usuarios.
- c) Procesos internos: automatizar los procesos académicos y gestiones administrativas que realizan los usuarios, para mejorar el control de cumplimiento de los indicadores establecidos.
- d) Innovación y desarrollo: crear proyectos de investigación, capacitación y fortalecimiento del desempeño organizacional.

La cantidad de indicadores para cada categoría son: financiera, dos; clientes, cuatro; procesos internos, cuatro, innovación y desarrollo, diez.

Una vez establecido un sistema de veinte indicadores se obtienen los resultados para cada perspectiva, valorada de forma equitativa en una ponderación máxima de 25 puntos, para una puntuación global del desempeño administrativo en una escala de 100 puntos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados de evaluación de las perspectivas

Perspectiva	Puntos	Porcentaje
Financiera	10.28	41 %
Clientes	12.46	50 %
Procesos internos	2.83	11 %
Innovación y desarrollo	5.70	23 %
Total	31.27	31.27 %

Fuente: elaboración propia

Se determina que las perspectivas con menor porcentaje de cumplimiento son innovación y desarrollo (23 %) y procesos internos (11 %), aunque en las otras dos el porcentaje máximo de cumplimiento es de 50 %. Los indicadores con mayor valoración de cumplimiento son: Crecimiento financiero (67.60 %) en la perspectiva financiera; Comunicación 66.75 %, en la perspectiva de innovación y desarrollo; Satisfacción del usuario (62.09 %) en la perspectiva de Clientes.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los actores participantes en el proceso investigativo valoran la utilidad de la herramienta que se aplica para realizar el proceso de evaluación del desempeño administrativo, pues además de identificar las debilidades más significativas y propiciar la definición de estrategias para superarlas, se identifican también las fortalezas y nuevas oportunidades de mejora, en coincidencia con Wannam (2012). En particular, se identifican las bondades del diagrama de Pareto para determinar los procesos críticos que intervienen directamente en las estrategias de la EEP, y con base en ello seleccionar los más relevantes.

De acuerdo con la recomendación dada por Ortiz, Pérez y Vásquez (2014), se plantea el modelo BSC como base del diseño de evaluación de desempeño, el cual fortalece el proceso de toma de decisiones efectivas a corto, mediano y largo plazo. Con base en el estudio realizado por Cifuentes y Muñoz (2010), se analiza el entorno de la EEP por medio de herramientas de gestión estratégica, enfocadas en las necesidades organizacionales con el fin de desarrollar un nuevo proceso de gestión integral.

En la valoración de los resultados que se obtienen, se coincide con la postura de Ortiz, Pérez y Vásquez (2014), en cuanto a que el uso de la metodología Balanced Scorecard es muy eficiente en el diseño de evaluación de desempeño, por medio la creación de indicadores para la medición de resultados de la gestión estratégica.

A partir de lo expuesto por Guillén (2014), se establecen indicadores de acuerdo con las debilidades identificadas en el análisis FODA para identificar el alcance del cumplimiento de las metas, así como de las que deben mejorarse de forma significativa, pues en términos generales un nivel de cumplimiento del 31.27 % es bajo y requiere medidas globales de mejora en todas las perspectivas.

CONCLUSIONES

1. El diseño de la evaluación del desempeño administrativo de la EEP que se basa en el método Balanced Scorecard, permite determinar que el nivel de cumplimiento global de un sistema de veinte indicadores que constituyen cuatro perspectivas es de 31.27 %.
2. Las características principales del entorno de la Escuela de Estudios de Postgrado son:
 - a) Solidez generada por la trayectoria académica y el apoyo recibido de diferentes instancias.
 - b) Entorno competitivo con otras universidades o unidades académicas.
 - c) Desorden y retrasos en el control en procesos administrativos.
 - d) Ambiente con poca vinculación interinstitucional.
3. Los procesos críticos que afectan el desempeño administrativo con base son:
 - a) Falta de evaluación continua de la satisfacción de los usuarios.
 - b) Falta de mecanismos eficientes de control del cumplimiento de procesos académicos y administrativos.
 - c) Falta de programas de apoyo a la investigación.
 - d) Inexistencia de procesos de inducción dentro de la escuela.
4. Los indicadores establecidos para medir el desempeño administrativo son:
 - a) Perspectiva financiera: crecimiento financiero e inversión en infraestructura y equipo.
 - b) Perspectiva clientes: seguimiento a egresados, eficiencia terminal, deserción y satisfacción de usuarios.
 - c) Perspectiva de procesos internos: autoevaluación de programas, estudios de rendimiento académico, seguimiento a estudiantes con cierre de pensum y cumplimiento de procesos.
 - d) Perspectiva de innovación y desarrollo: evaluación del personal administrativo, inducción,

vinculación interinstitucional, comunicación, fortalecimiento académico, evaluación de capacitación al personal docente.

- e) Las perspectivas con menor porcentaje de cumplimiento son innovación y desarrollo (23 %) y Procesos internos (11 %), por lo que su mejora es prioritaria. Los indicadores con mayor valoración de cumplimiento son: Crecimiento financiero (67.60 %) en la perspectiva financiera; comunicación 66.75 %), en la perspectiva de innovación y desarrollo; satisfacción del usuario (62.09 %) en la perspectiva de clientes.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar anualmente la mejora de los indicadores del desempeño administrativo y del entorno, con base en la metodología Balanced Scorecard.
2. Revisar los procesos críticos semestralmente, con el propósito de evaluar su incidencia en el funcionamiento de la institución, para crear estrategias enfocadas en la reducción de fallos organizacionales y en el incremento de la satisfacción y fidelización de los clientes.

REFERENCIAS

- Cifuentes, D. y Muñoz, F. (2010). *Modelo de gestión Balanced Scorecard aplicado a la Escuela de graduados Facultad de Odontología de la Universidad de Chile*. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112466/BALANCED%20SCORECARD.pdf>
- Flores, L. (2009) *Medición del desempeño de una escuela de estudios de postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, utilizando el análisis de sensibilidad y el cuadro de mando integral Caso Universidad de San Carlos*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Económicas, USAC. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_3358.pdf

Guillén, J. (2014) *El Balanced Scorecard (BSC) como modelo de gestión estratégica en la educación superior en Guatemala. Caso Universidad de San Carlos*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Económicas, USAC. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_4660.pdf

Ortiz-Pérez, A., Pérez-Campaña, M. y Velázquez-Zaldívar, R. (2014). Propuesta de cuadro de mando integral para la Universidad de Holguín. *Ingeniería Industrial*, 35(3), 333-343. Recuperado en 14 de agosto de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362014000300009&lng=es&tlng=es.

Wannan, C. (2012). Aplicación de la evaluación del desempeño del personal para el área administrativa de la Facultad de Ingeniería. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2503_IN.pdf

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Industrial, René Oswaldo Monge López, graduado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2001. Maestro en Gestión Industrial egresado de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2023.

Afiliación laboral: Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Licenciada en Matemática Aplicada, Mayra Virginia Castillo Montes, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Doctorado en Educación con Especialidad en Mediación Pedagógica, Universidad de La Salle, Costa Rica, 2009.

Afiliación laboral: Facultad de Ingeniería. USAC.

INSTRUCCIONES PARA AUTORES

La Revista de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería publica trabajos de investigación en los diferentes campos de la ingeniería y áreas afines, originales e inéditos. Se ha ampliado el campo de difusión para estudios de las Ciencias Naturales, Tecnología, Ciencias de la Salud, Desarrollo Social y Ciencias Sociales y Humanísticas. Los artículos enviados para su publicación deberán cumplir con los lineamientos establecidos. Al ser aceptados por el Consejo Editorial, son sometidos a un proceso de revisión y arbitraje por pares externos en la modalidad de doble ciego. Lo que ofrece al lector y autores un alto nivel académico.

RESUMEN

Extensión máxima de 150 palabras, se sugiere utilizar para ello el contador disponible en Word. Describir el problema que originó la investigación, la solución ensayada, método y materiales de trabajo. Describir los principales resultados obtenidos, así como sus impactos a nivel técnico, económico, social, ambiental u otros.

ABSTRACT

Traducir al idioma inglés, el resumen redactado en la columna de la izquierda de la página. La traducción debe ser revisada con un profesional con amplios conocimientos del idioma inglés, en caso de que el autor no los posea. Evitar la utilización del traductor de google u otra similar.

PALABRAS CLAVE

Cinco palabras que servirán para identificar el estudio realizado.

KEYWORDS

Traducción al idioma inglés de las palabras clave.

INTRODUCCIÓN

Brindar un panorama general del tema estudiado, su importancia, aspectos relevantes para comprender el contexto en el cual se desarrolló el estudio, bases teóricas o perspectivas adoptadas y otros referentes que sustenten la investigación. Extensión de 150

palabras para artículos de maestría, 250 a 300 para artículos de doctorado y 300 a 350 para otras investigaciones.

DESARROLLO DEL ESTUDIO

Esta sección es muy importante para que el lector se entere de las técnicas de investigación aplicadas y las actividades que se realizaron. Por ejemplo: el tipo de estudio, su alcance y diseño, variables estudiadas y forma de evaluarlas. Básicamente, se debe describir la forma en la que se realizó el estudio, por lo que se incluye el método y los materiales.

Además, describir si se realizaron visitas de campo, encuestas, mediciones, ensayos de laboratorio, análisis de bases de datos u otros.

Es mejor escribir en párrafos cortos.

Agregar citas bibliográficas acorde a normas APA séptima edición.

RESULTADOS OBTENIDOS

Esta es una sección muy importante, donde deben incluirse los resultados derivados del estudio.

Los subtítulos deben diferenciarse del encabezado de la sección. En el caso de inclusión de figuras, deben ser nítidas, legibles. Se denomina figuras a gráficas, esquemas, fotografías u otros elementos gráficos.

Es conveniente describir brevemente el contenido de una tabla, evitando los aspectos obvios. En el caso de inclusión de fórmulas, éstas deben

elaborarse utilizando el editor de ecuaciones disponible en Word u otro procesador, indicando el significado de cada una de las variables o parámetros que se incluyen. Deben enumerarse entre paréntesis para poder hacer referencia de estas.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta sección debe contener el análisis e interpretación de los resultados presentados, en cuanto a parámetros técnicos, valores de referencia, avances en la solución del problema que se buscaba resolver.

También debe orientarse la discusión a mostrar evidencia de los conocimientos generados, aportes, logro de los objetivos y posible relación con hipótesis formuladas o líneas de investigación posterior.

CONCLUSIONES

Deben derivar de los resultados presentados en el artículo, mostrando clara evidencia del logro de los objetivos propuestos para el estudio. Deben ser claras y precisas. Enumerarlas sin dejar espacio entre ellas.

RECOMENDACIONES

Indicar a quién o a quiénes van dirigidas, deben derivar del estudio realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Citar con Normas APA séptima edición y orden alfabético. Mínimo 5 referencias. El espacio que ocupan las referencias es adicional a la extensión establecida.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Grado académico a nivel de licenciatura, nombre completo, Facultad de la que egresó, Universidad

dónde estudió, año en que se graduó. Grado académico de Maestría o Doctorado (si lo posee). Lugar de trabajo.

ASPECTOS DE ESTILO

Título centrado a 14 pts en Arial con negrilla, con un máximo de 20 palabras.

Traducción del título al idioma inglés, Times new roman a 10 pts en cursiva, centrado.

Nombre completo de los autores.

Correo electrónico de los autores.

Márgen superior: 2.7 cm

Márgen inferior: 2.5 cm

Márgen izquierdo: 1 cm

Márgen derecho: 2 cm

Interlineado sencillo, texto justificado, utilizar el formato disponible

Extensión máxima de 4 páginas artículos derivados de estudios de maestría o especialización, 6 a 8 páginas para estudios de doctorado, 8-10 páginas para otros estudios o ensayos de revisión.

Redactar en tiempo verbal presente y en forma impersonal.

SOBRE EL ENVÍO DE ARTÍCULOS

Enviar por la vía del correo electrónico el artículo en formato Word y en formato pdf. revistapostgrado@ingeniería.usac.edu.gt

Tablas aparte y enumeradas, imágenes en formato jpg aparte y enumeradas, con una resolución de 300dpi

SOBRE LA REVISIÓN DE ARTÍCULOS

Los autores recibirán dictamen de la evaluación realizada y dispondrán de un máximo de 4 semanas para realizar las correcciones, en caso de que sean requeridas.

Al aprobar un artículo para su publicación, los autores envían firmada una carta en la que se responsabiliza por la originalidad del documento y cede sus derechos de publicación a la revista.



ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA



*Edificio S-11, Primer Nivel,
Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala*



<https://postgrado.ingenieria.usac.edu.gt>



informacion_eep@ing.usac.edu.gt



[/fusaceep](#)



[@eep_fusac](#)

