



La nueva Frontera: IA, Industria 4.0 y el Desarrollo Sostenible

Dedicado al

Dr. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Decano del TecNM – IT de Cd Juárez, México.

Perla Ivette Gómez Zepeda
Rigoberto Reyes Valenzuela
Ana Isela García Acosta
Coordinadores



ASOCIACIÓN CIENTÍFICA PARA LA EVALUACIÓN Y
MEDICIÓN DE LOS VALORES HUMANOS



Editorial CENID

La nueva Frontera: IA, Industria 4.0 y el Desarrollo Sostenible

ISBN México (CENID): 978-607-8830-43-5

ISBN España (AEVA): 978-84-09-67718-4

<https://doi.org/10.23913/9786078830435>

Primera edición, 2024 Todos los derechos reservados.

© 2024, coordinadores. Perla Ivette Gómez Zepeda, Rigoberto Reyes Valenzuela, Ana Isela García Acosta.

© 2024, autores. Diego Adiel Sandoval Chávez, Luis Adrián Lozoya Muñoz, Ulises Mendoza Arvizu, Jesús Alberto Urrutia de la Garza, Rafael García Martínez, Salvador Noriega Morales, Tomás Francisco Limones Meraz, Martín Pillado Portillo, Cristina Quintero Ávila, Luis Gerardo Esparza Ramírez, Xóchitl Graciela Aguilar Rivas, Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Blanca Margarita Aguilar Rodríguez, Elizabeth Mora Moreno, Alma Yesenia González Meza, Jesús Francisco Gutiérrez Ocampo, Rigoberto Reyes Valenzuela, José Antonio Camaño Quevedo, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Jorge Adolfo Pinto Santos, Leonardo Alberto Alanís Castro, Manuel Alejandro Barajas Bustillos, Ana Isela García Acosta, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, German Quiroz Merino, Israel Emmanuel Zapata de Santiago.

Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores. Esta obra cumple con el requisito de evaluación por dos pares de expertos.

Edición y diagramación: Orlando Patricia Santillán Castillo.

Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC es miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Socio #3758.

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra mediante algún método sea electrónico o mecánico (INCLUYENDO EL FOTOCOPIADO, la grabación o cualquier sistema de recuperación o almacenamiento de información), sin el consentimiento por escrito del editor.

Indexación de datos

Bases de datos en las que Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente CENID A.C. está indexada: Dialnet (Universidad de la Rioja).

© 2024 Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México Teléfono: 01 (33) 1061 8187 Registro Definitivo Reniecyt No.1700205 a cargo de Conahcyt.

© 2024 Editorial de la Asociación Científica para la Evaluación y Medición de los Valores Humanos c/ de les cases sert nº 11, C.P. 08193, Bellaterra – Cerdanyola del Vallés (Barcelona).

CENID y su símbolo identificador son una marca comercial registrada.

Impreso en México / Printed in México

Si desea publicar un libro o un artículo de investigación contáctenos.

www.cenid.org

redesdeproduccioncenid@cenid.org

La nueva Frontera: IA, Industria 4.0 y el Desarrollo Sostenible



Coordinadores

Perla Ivette Gómez Zepeda
Rigoberto Reyes Valenzuela
Ana Isela García Acosta

Autores

Diego Adiel Sandoval Chávez, Luis Adrián Lozoya Muñoz, Ulises Mendoza Arvizu, Jesús Alberto Urrutia de la Garza, Rafael García Martínez, Salvador Noriega Morales, Tomás Francisco Limones Meraz, Martín Pillado Portillo, Cristina Quintero Ávila, Luis Gerardo Esparza Ramírez, Xóchitl Graciela Aguilar Rivas, Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina, Blanca Margarita Aguilar Rodríguez, Elizabeth Mora Moreno, Alma Yesenia González Meza, Jesús Francisco Gutiérrez Ocampo, Rigoberto Reyes Valenzuela, José Antonio Camaño Quevedo, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Jorge Adolfo Pinto Santos, Leonardo Alberto Alanís Castro, Manuel Alejandro Barajas Bustillos, Ana Isela García Acosta, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, German Quiroz Merino, Israel Emmanuel Zapata de Santiago.

Proceso de revisión de pares

Los trabajos publicados en la presente obra se han sometido al proceso de revisión por pares de expertos que a su vez forman parte del comité editorial. Los evaluadores emiten un juicio sobre las propuestas de publicación con las observaciones que consideran pertinentes. Cuando la evaluación es positiva, las observaciones de los evaluadores se envían a los autores mediante los editores.

Comité Editorial

Diana Mercedes Revilla Figueroa

Pontificia Universidad Católica del Perú / Perú

Lidia López Lozano

Universidad de Sevilla / España

Angélica Jeannette Vera Sagredo

Universidad Católica de la Santísima Concepción / Chile

Ana Clara Sanz Ochotorena

Universidad de La Habana / Cuba

Evangelina Gabriela Dulce

Universidad de Buenos Aires / Argentina

Jaime Brenes Madriz

Instituto Tecnológico de Costa Rica / Costa Rica

Daniel Pablo de la Cruz Sánchez Mata

Universidad Complutense de Madrid / España

Rafael Montanari

Universidade Estadual Paulista / Brasil

Reinaldo Luiz Bozelli

Universidade Federal do Rio de Janeiro / Brasil



Reseña

Dr. Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga

Originario de Ciudad Delicias, Chihuahua, México, la formación académica del Dr. Eduardo Rafael Poblano-Ojinaga es admirable, ya que es Ingeniero Industrial en Producción egresado en 1986 del Instituto Tecnológico de la Laguna/ TecNM. A nivel maestría para el año de 1995 obtuvo el grado como Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, en el 2000 como Maestro en Ingeniería Administrativa egresando en ambos casos del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez y para 2004 el de Maestro en Efectividad Organizacional por la Universidad Autónoma del Noreste, Unidad Laguna. Sus ánimos por brindar calidad en la industria y en la academia lo llevaron a concluir en 2019 el Doctorado en Tecnología por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Los estudios que ha desarrollado le han permitido contribuir de forma excepcional en la industria, con 10 años de experiencia profesional a nivel Gerencial en empresas nacionales y de exportación como: Gerente de Producción, Gerente de Manufactura y Gerente de Calidad e Ingeniería y en el área académica, desempeñándose en puestos como Jefe de Proyectos de Investigación del Departamento de Ingeniería Industrial en el Campus La Laguna (2019-2021), Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación en el Campus Cd. Juárez (2021-2023), subdirector de Servicios Administrativos en el TecNM Campus Cd. Juárez (2023 a la fecha), además de contar con 35 años de experiencia como docente a nivel de licenciatura en el TecNM Campus La Laguna, impartiendo las materias de Planeación Estratégica, Tópicos de Ingeniería de Calidad II, Sistemas de Gestión de Calidad, Administración de Proyectos entre otras; y a nivel posgrado en diferentes Campus del TecNM (Aguascalientes, La Laguna, La Paz, Los Cabos y Cd. Juárez), así como en Instituciones de Educación Superior (IES) privadas.

Ha obtenido Certificaciones en Estándares de Competencia laboral como: Consultoría General (CCON0147.03), Resolución de Problemas a través de la Metodología Seis Sigma Nivel I (EC0264), Impartición de Cursos de Formación del Capital Humano de Manera Presencial Grupal (EC0217), Evaluación del Aprendizaje con Enfoque en Competencias Laborales (EC0072); y Certificación como Black Belt Six Sigma por Stream Technologies.

Es Facilitador en temas relacionados con Gestión Estratégica, Ingeniería de Calidad, Mejora Continua, Trabajo en Equipo, Formulación de Proyectos y Solución de Problemas 6 sigma. Consultor en temas de Ingeniería de Calidad Avanzada, Planeación Estratégica, Trabajo en Equipo y Resolución de Problemas a través de la Metodología 6 Sigma, así como Facilitador en cursos de capacitación y desarrollo a Directivos, Mandos Intermedios y Operativos en el TecNM por más de 20 años.

Entre sus más destacados reconocimientos se encuentran: el reconocimiento como "Profesor con Perfil Deseable" por el Programa de Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) del 2023 a 2026. Nombramiento en 2023 como Decano de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del TecNM Campus Ciudad Juárez. Además de ser Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) nivel I por el periodo 2023-2027, reconocimiento otorgado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT).

Su dedicación, compromiso y liderazgo han sido pieza clave para el logro de objetivos, no solo personales, sino también de aquellos que conforman el equipo académico y laboral al que pertenece, siendo fuente de inspiración para muchos.

Presentación

Este libro surge como resultado de una colaboración significativa con varias instituciones a nivel nacional como son: del Tecnológico Nacional de México, el Instituto Tecnológico de Cd. Juárez, Instituto Tecnológico de Mexicali, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Instituto Tecnológico de La Laguna además la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y se presenta como una edición conmemorativa en honor al Dr. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga. La participación del instituto ha sido fundamental para la recopilación y desarrollo de los artículos presentados, aportando una perspectiva académica y práctica que enriquece el contenido de esta edición especial.

Es una obra multidisciplinaria que explora las intersecciones entre la inteligencia artificial, la cuarta revolución industrial y el desarrollo sostenible. Reúne una serie de artículos que abordan temas innovadores y relevantes en diversos campos, proporcionando una visión integral y actualizada de los desafíos y oportunidades que enfrentamos en la era digital que incluye metodologías para evaluar el valor intangible de las empresas, destacando la importancia de las capacidades dinámicas en la creación de valor sostenible, la exploración de cómo la inteligencia artificial está transformando la educación superior, mejorando la enseñanza y el aprendizaje, además de innovadoras soluciones para la gestión sostenible de desechos humanos en misiones espaciales, contribuyendo a la sostenibilidad del espacio.

Esta obra es una valiosa contribución para académicos, profesionales y estudiantes interesados en comprender y aprovechar las tecnologías emergentes y sus implicaciones para el desarrollo sostenible. A través de sus diversos artículos, ofrece una perspectiva amplia y profunda sobre cómo la inteligencia artificial y la Industria 4.0 están remodelando nuestro mundo y cómo podemos utilizar estas herramientas para lograr un futuro más sostenible y equitativo.

Ha sido una experiencia enriquecedora, marcada por la colaboración y el intercambio de ideas entre los autores de cada capítulo. Cada autor ha aportado su experiencia y conocimientos, lo que ha permitido crear un compendio de artículos que reflejan la diversidad y la profundidad de los temas tratados. La integración de diferentes disciplinas ha permitido generar ideas innovadoras y soluciones creativas, haciendo de este libro un aporte único que supera los límites tradicionales del conocimiento.

**Perla Ivette Gómez Zepeda
Rigoberto Reyes Valenzuela
Ana Isela García Acosta**



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TEC. DE
JUÁREZ
Forjando el futuro,
transformando vidas.



UACJ

Índice

Proceso de revisión de pares	4
Reseña	5
Presentación	7
Enfoque de Sistemas en Ingeniería Administrativa en el TecNM/ITCJ. Una mirada retrospectiva a las temáticas de las tesis de grado (2015-2024)	11
<i>Diego Adiel Sandoval Chávez,, Luis Adrián Lozoya Muñoz, Ulises Mendoza Arvizu, Jesús Alberto Urrutia de la Garza</i>	
Cálculo del valor intangible de las empresas con el enfoque de capacidades dinámicas	23
<i>Rafael García Martínez, Salvador Noriega Morales, Tomás Francisco Limones Meraz</i>	
Enfoque analítico de la carga de horas en los planes de mantenimiento preventivo para la optimización de recursos	38
<i>Martín Pillado Portillo, Cristina Quintero Ávila, Luis Gerardo Esparza Ramírez</i>	
Diseño y validación de un instrumento de medición de los factores que influyen en la implementación de Industria 4.0	55
<i>Xóchitl Graciela Aguilar Rivas, Luz Angélica Aguilar Chávez, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina</i>	
Aplicación de IA en la Educación Superior	69
<i>Blanca Margarita Aguilar Rodríguez, Elizabeth Mora Moreno, Alma Yesenia González Meza</i>	
Desarrollo sostenible de desechos humanos en el espacio	93
<i>Jesús Francisco Gutiérrez Ocampo, Rigoberto Reyes Valenzuela, José Antonio Camaño Quevedo</i>	
Ánalysis comparativo de la inteligencia competitiva y la capacidad de innovación en empresas de México	109
<i>Eduardo Rafael Poblano Ojinaga, Jorge Adolfo Pinto Santos, Manuel Arnoldo Rodríguez Medina</i>	

Estudio del Nivel de Velocidad Lectora en Estudiantes de Nivel Universitario	130
<i>Leonardo Alberto Alanis Castro, Manuel Alejandro Barajas Bustillos, Ana Isela García Acosta</i>	
Modelo de aceptación tecnológica (TAM) en el uso de laboratorios remotos para programas STEM	145
<i>Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, German Quiroz Merino, Israel Emmanuel Zapata de Santiago</i>	
Curriculums Autores	159

Enfoque de Sistemas en Ingeniería Administrativa en el TecNM/ITCJ. Una mirada retrospectiva a las temáticas de las tesis de grado (2015-2024)

Systems Approach in Engineering Management at TecNM/ITCJ. A retrospective look at the topics of graduate theses (2015-2024)

Diego Adiel Sandoval Chávez

Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez

diego.sc@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2536-1844>

Luis Adrián Lozoya Muñoz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

luis.lozoya@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9254-9284>

Ulises Mendoza Arvizo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

ulises.mendoza@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2980-6449>

Jesús Alberto Urrutia De la Garza

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

jesus.urrutia@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2846-4811>

Resumen

Desde décadas atrás, los profesionales de las diversas ramas de la ingeniería se han enfrentado al desafío de integrar prácticas administrativas en su desempeño organizacional cotidiano. No fue sino hasta principios del siglo XX cuando en Estados Unidos surgió un programa académico que combinaba conocimientos de ingeniería y administración. Este movimiento disciplinar llegó a México a finales de la década de 1970 con la creación de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Administrativa en el Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez, actualmente un programa profesionalizante. Este estudio tuvo como objetivo analizar las temáticas de las tesis desarrolladas en el programa durante un periodo de 10 años (2015-2024). Se realizó una investigación descriptiva, analítica, retrospectiva y longitudinal, clasificando las tesis en 11 categorías desde un Enfoque de Sistemas. Los resultados muestran que predominan tres temáticas principales: a) diseño, análisis y optimización de sistemas productivos, administrativos o institucionales; b) estudios organizacionales y gestión sistémica; y c) ergonomía. Los resultados se discuten a la luz de las tendencias contemporáneas en Ingeniería Administrativa y se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Palabras clave: Ingeniería Administrativa, gestión, evolución disciplinar, Teoría General de Sistemas.

Abstract:

For decades, professionals in various branches of engineering have faced the challenge of integrating management practices into their organizational performance. It was not until the early 20th century that an academic program combining engineering and management knowledge emerged in the United States. This disciplinary movement reached Mexico in the late 1970s with the establishment of the Master of Science in Engineering Management at Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez, currently a professionalizing program. The objective of this study was to analyze the topics of the theses developed in the program over a 10-year period (2015-2024). A descriptive, analytical, retrospective, and longitudinal research was conducted, classifying the theses into 11 categories from a Systems Approach perspective. The results show that three main topics prevail: a) design, analysis, and optimization of productive, administrative, and institutional systems; b) organizational studies and systemic management; and c) ergonomics. The findings are discussed in light of contemporary trends in Engineering Management, and the study's conclusions and recommendations are presented.

Keywords: Administrative Engineering, management, disciplinary evolution, General Systems Theory.

Introducción

1.1 Orígenes de la Ingeniería Administrativa

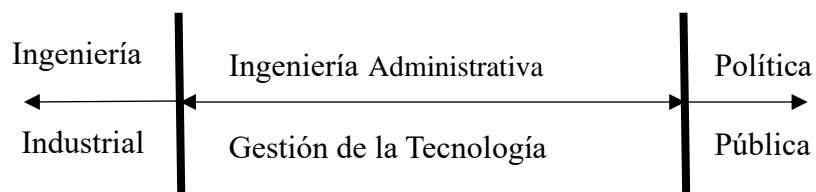
Las dificultades de los profesionales de la ingeniería para tomar decisiones a nivel gerencial, así como de los administradores para comprender las distintas áreas de la ingeniería, comenzaron a hacerse evidentes en el mundo occidental desde finales del siglo XIX. La disyuntiva central era: ¿qué disciplina debía acercarse a la otra? Muy pronto, la dinámica de la economía, principalmente del ramo industrial, marcó el camino: resultaba más factible que los ingenieros adquiriesen conocimientos y habilidades administrativas. En este contexto, en 1913 el Massachusetts Institute of Technology (MIT) desarrolló el programa académico *Industrial Management*, diseñado para preparar a los ingenieros como gerentes (Kokaoglu, 1990). Al año siguiente surgió el programa *Engineering Administration*, específicamente diseñado “para entrenar personas en la gestión de negocios relacionadas con el campo de la ingeniería” (Omurtag, 2009, p. 3). Este programa es considerado como el punto de partida más reconocido de la Ingeniería Administrativa (*Engineering Management*, EM).

1.2 Desarrollo en el contexto mexicano

Brindar un panorama histórico completo sobre la evolución global de la EM rebasa el alcance de este capítulo. Sin embargo, es relevante destacar que el primer programa acreditado por la *Accreditation Board for Engineering and Technology* (ABET) lo ofreció la University of Missouri Rolla (UMR). Esta institución desempeñó un papel decisivo en la consolidación del posgrado Maestría Ciencias en Ingeniería Administrativa (MCIA) en el Tecnológico Nacional de México/IT de Ciudad Juárez (TecNM/ITCJ) impulsado por el profesor Alfonso Aldape Alamillo (†1940-2022), egresado de UMR del programa de EM, precisamente cuando UMR obtuvo en 1979 la acreditación de ABET. El programa inició en 1954 bajo el nombre *Engineering Administration* en el departamento de Economía. El enfoque del programa era simple: enseñar 75 % de ingeniería y 25 % de gestión (Omurtag, 2009). Esto es, una disminución de la cantidad de saberes y habilidades de la esfera de la ingeniería, para dar paso a aquellos relativos a la administración. El énfasis de los programas de EM era en las industrias manufactureras.

La literatura reporta que la EM y la Ingeniería Industrial se traslapaban la mayoría de las veces, al menos en los proyectos reportados décadas después (Alvear et al., 2006). Asimismo, la inclinación hacia las áreas manufactureras se manifestaba al referirse a la EM como Ingeniería y Gestión de la Tecnología, o simplemente Gestión de la Tecnología (*Management of Technology*, MOT), si bien esta concepción de la EM se inclinaba hacia las ciencias administrativas, no a la ingeniería (Omurtag, 2009). La inclinación hacia el ámbito manufacturero comenzó desde su origen en el MIT y parece perdurar hasta la actualidad. En la década de los 1990 el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), refiriéndose a la diversidad de programas universitarios de EM, sugirió que pertenecían a un *continuum* acotado, por un lado, por la Ingeniería Industrial (IE), y por otro, por la política pública (Figura 1).

Figura 1. Continuum de la Ingeniería Administrativa



Fuente: Traducción libre basada en Kokaoglu (1990)

La dimensión de la ingeniería industrial se dividía en: a) el ciclo de vida, y b) el enfoque sistémico. El ciclo de vida comprendía la investigación básica y aplicada en el tema, la creatividad e innovación, el diseño, el desarrollo, la implementación, mercadeo de la tecnología, mantenimiento y mejoramiento, así como la transferencia de tecnología. A su vez, el enfoque sistémico incluye cuatro subsistemas o sistemas subordinados: humanos, proyectos, organización, recursos y estrategia (Kokaoglu, 1990). Esta visión sugiere que, por una parte, el dominio de la EM tenía en la ingeniería industrial su límite, a partir de cual se difuminaba para ser absorbida por el espectro de esa disciplina, lo que confirma que la manufactura era el campo de aplicación dominante. Por otra parte, el enfoque de sistemas (ES) gozaba ya de una aceptación generalizada como paradigma científico que no se limitaba a la EM, sino que trascendía las concepciones monodisciplinares para incursionar en el abordaje de problemas y teorías en los diferentes campos disciplinares con un enfoque de completez, lo cual dio origen a la Teoría General de Sistemas (TGS) (Arnold y Osorio, 1998). El otro extremo del *continuum* era la política pública, el marco delineado por el Estado en el cual toda disciplina está inserta.

El profesor Aldape imprimió en el programa MCIA del ITCJ la visión de UMR, y no se equivocó, ya que prevalecía en México el dominio de la manufactura en la EM. El perfil de la ciudad había transitado de ser un mercado orientado al sector servicios a ser un importante centro manufacturero con la llegada del programa maquilador en la década de los 1960. Para finales de la década de los 1970, los institutos tecnológicos iniciaron una política educativa que promovía el posgrado en las ingenierías y la tecnología con la apertura de los centros regionales de estudios de graduados en ingeniería y tecnología (CREGIT). Para 1980, el CREDIT del TecNM/ITCJ era pionero en la oferta de posgrado en Ciudad Juárez. Se ofrecían tres programas de maestría en ciencias: ingeniería industrial (MCII), MCIA y educación (MCE). En los siguientes años se liquidó el programa MCE y a la postre, alrededor de 2011, MCIA decantó en el posgrado profesionalizante Maestría en Ingeniería Administrativa (MIA) que permanece en operación hasta la fecha.

1.3 Importancia del Enfoque se Sistemas

Es importante dirigir ahora la mirada hacia las bases teóricas del ES, la otra dimensión de uno de los dominios originales de la EM. El ES ha demostrado ser relevante en casi todas las disciplinas, incluso en los estudios filosóficos, cuya tarea principal es la reflexión continua sobre el conocimiento de la realidad y la conducta humana. De este modo, hoy se habla de "sistema" o "sistemas" no solo en las ciencias "duras" como la física, química o biología, sino que su aplicación se ha expandido a las ingenierías, las ciencias sociales y humanidades, las ciencias económico-administrativas e incluso las artes (NW-University, 2021).

En las ciencias administrativas, el ES se vuelve fundamental en todas sus ramas, ya que las organizaciones se reconocen precisamente como sistemas. Según von Bertalanffy (1950 y 1976), los orígenes de la TGS se encuentran en los trabajos del psicólogo gestáltico Wolfgang Köhler en la década de 1920. Köhler, basándose en el principio aristotélico del Gestalt que sostiene que "el todo es mayor que la suma de sus partes", comenzó un enfoque limitado al ámbito físico, denominándolo "física gestáltica", con la idea que los objetos representaban mucho más que una simple agrupación de partículas (Sherrill, 1992). Con el tiempo, Köhler amplió su trabajo para comparar esta idea de "sistema" entre los objetos inertes y los seres vivos. En este sentido, von Bertalanffy le otorga un gran reconocimiento a Köhler, pero señala que su importancia no fue plenamente valorada hasta que surgió la necesidad de entender los fenómenos de manera integral, como un todo. Fue entonces cuando se comenzó a reconocer que existían similitudes entre los fenómenos en distintas ciencias. Para 1954, cuando se fundó la *Society for General Systems Research*, la TGS ya había alcanzado un notable grado de consolidación y su adopción era discutida en círculos científicos y académicos.

1.4 Correlato referencial

Se han realizado numerosas investigaciones y trabajos académicos que aplican el ES en las ciencias administrativas, ya sea de manera implícita o explícita, directa o indirectamente. Se menciona un breve conjunto de investigaciones que abordan explícitamente el carácter sistémico o procesual en su enfoque metodológico. Un estudio reciente sostiene que todas las prácticas comerciales de las organizaciones forman parte de sistemas sociales y ecológicos más amplios, y que, si no se entienden de esta manera, serán incapaces de enfrentar la alta complejidad del mundo empresarial actual (Fehrer y Wieland, 2021). Por otro lado, Iovanella (2024) recurre a la ciencia de las redes como fundamento para la administración basada en procesos, un concepto estrechamente vinculado con el ES. En cuanto a los parques industriales o agrupaciones de negocios, Le Tellier et al. (2019), con un enfoque en la sustentabilidad, proponen un esquema integral basado en un modelo sistémico de gestión. Sala et al. (2015) presentan un esquema global de gestión para evaluar la sustentabilidad desde el enfoque sistémico. En el ámbito de la administración financiera, el ES ha sido adoptado para la gestión del riesgo sistémico (Mitra y Shaw, 2023; De Novellis et al., 2024). En la esfera de la gestión de sistemas industriales, las aplicaciones del ES son extensas y variadas. Un ejemplo de ello es la investigación de Costantino et al. (2024), quienes emplearon el ES para gestionar la confiabilidad en sistemas hombre-máquina. Los estudios mencionados, provenientes de varias disciplinas, sugieren que la adopción del ES cuenta con un amplio respaldo empírico.

Con este contexto, el objetivo de este capítulo es conocer de qué manera ha evolucionado la investigación que realizan los estudiantes del programa MIA del ITCJ. Se pretende reflexionar sobre el

papel que desempeña el ES en la investigación en EM desde una perspectiva teórico-práctica. Este objetivo, enmarcado en la evolución de la EM, busca destacar la importancia del ES en la investigación científica dentro de esta disciplina, enriqueciendo este campo con una visión holística. Se espera que esta perspectiva impulse la realización de investigaciones de alta pertinencia desde enfoques inter, multi y, en especial, transdisciplinario.

Método

Tipo de estudio y población considerada

Se plantea un estudio descriptivo, analítico, retrospectivo y de temporalidad longitudinal. Se recopiló información relativa a la temática de las tesis del programa MIA en el periodo 2015-2024. Se indagó en los registros y en los libros de actas los títulos de las tesis del programa MIA y se clasificaron de acuerdo con los criterios resultantes de una reunión de evaluación entre los profesores que cultivan la Línea General de Acceso al Conocimiento (LGAC) Enfoque de Sistemas en Organizaciones Públicas y Privadas (ESOPP), registrada ante el TecNM con la clave LGAC-2021-CDJU-MAID-02.¹

Criterios de clasificación

Los criterios de clasificación se listan en la Tabla 1.

Tabla 1 Temáticas de Investigación del Programa MIA Relacionadas con la LGAC-2021-CDJU-MAID-02 Enfoque de Sistemas en Organizaciones Públicas y Privadas

Temática	Subtemas	Temática	Subtemas
1. Análisis y evaluación económica de sistemas productivos, administrativos o institucionales	A. Ciclo de vida de productos y procesos B. Estudios de factibilidad C. Valoración económica D. Sistemas de economía circular	7. Estudios en entidades públicas	A. Gestión de sistemas de transporte público B. Gestión urbana, ciencia comunitaria y espacio público. C. Gestión de servicios públicos, municipales, estatales o federales
2. Diseño, análisis y optimización de sistemas productivos, administrativos o institucionales	A. Diseño del trabajo, distribución de planta y manejo de materiales B. Gestión de sistemas de materiales y procuración C. Optimización de sistemas productivos,	8. Estudios organizacionales y gestión sistémica	A. Sistemas socio-técnicos B. Transporte de personal C. Clima organizacional D. Liderazgo E. Responsabilidad social F. Servicio al cliente G. Gestión y desarrollo del talento humano H. Gestión de empresas familiares

¹ La otra LGAC del programa MIA es Administración de la Producción y las Operaciones (APO). Las dos líneas están íntimamente relacionadas, no es posible trazar una frontera impermeable entre ambas ni afirmar que una es más importante que la otra. El enfoque de esta investigación es analizar la producción de tesis del programa MIA desde la perspectiva de la LGAC ESOPP, sin embargo, el mismo ejercicio pudiera llevarse a cabo desde la visión de la LGAC APO.

		no productivos e institucionales		
3.	<i>Gestión de sistemas de calidad y confiabilidad</i>	A. Control de calidad B. Estandarización C. Confiabilidad	9. <i>Ergonomía</i>	A. Seguridad e higiene B. Riesgos psicosociales C. Macroergonomía
4.	<i>Gestión de sistemas educativos</i>	A. Aprovechamiento académico B. Desempeño de entidades educativas	10. <i>Gestión de sistemas de logística</i>	A. Logística inversa, verde y de ciclo cerrado B. Transporte de mercancías C. Aduanas D. Compras
5.	<i>Gestión de la seguridad humana en el espacio público</i>	A. Patrones de crimen y temor B. Tecnologías contra crimen y temor	11. <i>Gestión de sistemas sustentables</i>	A. Medioambiente, energía, agua y sociedad B. Eliminación, reducción, reúso y reciclado C. Regulación térmica y sonora
6.	<i>Gestión de sistemas de salud humana</i>	A. Gestión de información epidemiológica		

Fuente: elaboración propia por acuerdo de los participantes de la LGAC ESOPP

Resultados

El resumen de las temáticas y sus respectivas frecuencias se muestra en la Tabla 2 y la Figura 2. La gran mayoría de las tesis desarrolladas corresponden a la temática 2 *Diseño, análisis y optimización de sistemas productivos, administrativos e institucionales*. Esta temática abarca 55 tesis, o sea el 56.70 % de los trabajos desarrolladas en el periodo de estudio. Por su parte, *Estudios organizacionales y gestión sistémica* se posiciona en segundo lugar con 22 trabajos, representando el 27.68 % de las tesis. Tercera en importancia se ubica Ergonomía con un total de nueve tesis (9.27 %). A partir de esta temática las aportaciones de los demás subtemas son marginales. Los datos fueron analizados por los integrantes de la LGAC-ESOPP y categorizados de acuerdo con la temática correspondiente, con frecuencia anual.

Tabla 2 Frecuencia Anual de Tesis de Grado por Temática

Temática	Frecuencia por año											Total
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024		
1								1				1
2	11	3	8	8	1	2	4	9	5	4		55
3	1						1					2
4	1								2			3
5												
6	1											1
7								1				1
8	2	3	1		4		1	4	5	2		22
9	4	1		1	1		1		1			9

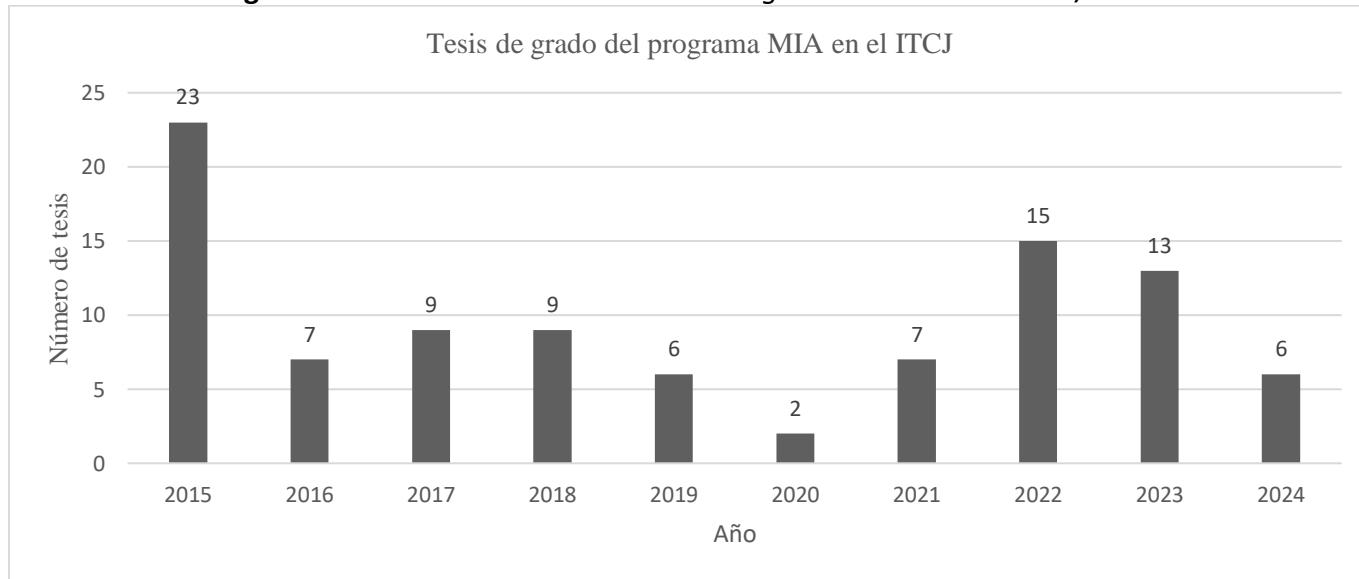
10	1										1
11	2										2
Total	23	7	9	9	6	2	7	15	13	6	97

Fuente: elaboración propia con base en análisis de los libros de actas del TecNM/IT de Ciudad Juárez

Destacan tres estudios en *Gestión de sistemas de calidad y confiabilidad*, tres estudios acerca de *Gestión de sistemas educativos*, dos en el subtema *Gestión de sistemas sustentables*, un estudio en *Gestión de sistemas de salud humana*, un estudio relativa al subtema *Análisis y evaluación económica de sistemas productivos*, uno de *Gestión de sistemas de logística*, así como uno acerca de *Gestión de entidades públicas*.

Indagando acerca de la composición del Núcleo Académico Básico (NAB) del programa MIA, se reveló que los datos del 2015 reflejan el escenario cuando el programa pertenecía al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencias Humanidades y Tecnología (CONACHyT), que actualmente se denomina Sistema Nacional de Posgrado (SNP). Lo anterior permitía a los estudiantes del programa acceder a una beca que incluía un estímulo económico. La salida del programa MIA del PNPC provocó que varios profesores solicitaran su retiro del NAB en virtud de que su permanencia repercutía negativamente en el programa Estímulos al Desempeño Docente (EDD). Es posible que el alto número de tesis en los años 2015, 2022 y 2023 se relacione con la beca otorgada a los estudiantes durante los cuatro semestres previos a su presentación del examen de grado.

Figura 2 Frecuencia Anual de Tesis del Programa MIA en el TecNM/ITCJ



Fuente: Registro de Titulaciones del ITCJ

En las subtemáticas más frecuentes destacan trabajos en la Industria Manufacturera Maquiladora de Exportación (IMMEX) y estudios en pequeñas y medianas empresas (Pymes), principalmente talleres de maquinado. También están presentes estudios en instituciones de educación superior. Las técnicas o enfoques se concentran estudios con la metodología DMAIC (*define, measure, analyze, improve and control*) del sistema Six Sigma (6σ), pronósticos de demanda, control de inventarios

y proyectos de mejoramiento del desempeño en relación con algún indicador clave del desempeño (*key performance indicator, KPI*).

También se incluyen estudios relacionados con el análisis postural de estaciones de trabajo, condiciones de trabajo detonantes de lesiones músculo-esqueléticas, estudios de seguridad e higiene, tanto en industrias como en transporte. Por otra parte, destaca el ES en el abordaje de estudios organizacionales, tales como: liderazgo, depresión, rotación de personal, trabajo en equipo, clima organizacional, responsabilidad social o *burnout*, entre otros.

La preocupación por la sustentabilidad y las fronteras ambientales (Steffen et al., 2015) se hace presente en dos tesis. En el primero se trata un caso de estudio en una Pyme local en el que se aprovecha el agua gris para el riego de un huerto urbano, así como el ahorro de energía en el procesamiento de alientos. En el segundo estudio se aborda un tema crucial para la sustentabilidad urbana, como los es la disponibilidad de áreas verdes y el ahorro de agua en los procesos de irrigación. Se identificaron tres estudios en la subtemática *sistemas educativos*. Con un estudio se posicionan los sistemas en entidades públicas, los sistemas de salud humana, los sistemas de valoración económica y los sistemas de logística.

Discusión

La predominancia de la temática *Diseño, análisis y optimización de sistemas productivos, administrativos o institucionales* es una inercia que se observa desde la apertura del programa MCIA y su posterior reconversión a MIA. Tres factores inciden en esta tendencia: a) la impronta de más de cuatro décadas que imprimió el profesor Aldape de la visión de MIA de la UMR, es decir, la cercanía con la esfera de influencia de la Ingeniería Industrial; b) la demanda del posgrado derivada de un ambiente industrial de la ciudad en el que operan organizaciones manufactureras; y c) los antecedentes académicos de los profesores que conforman el NAB, los cuales en su mayoría son graduados de Ingeniería Industrial y cuentan con experiencia en el campo. Exceptuando dos investigadores, los demás completaron sus estudios de posgrado, ya sea de maestría o doctorado, en el TecNM/ITCJ. La institución enfrenta el desafío de equilibrar el legítimo interés de sus investigadores por continuar formándose en programas interno con la imperante necesidad de reducir la endogamia académica, promoviendo la integración de docentes graduados de otras instituciones.

Por otra parte, la demanda del programa MIA parece estar aparejada a la disponibilidad de becas por parte de CONAHCyT, tal como lo muestra la evidencia. Cuando se incrementa la demanda, los aspirantes tienen un perfil más heterogéneo que permite el abordaje investigativo fuera de la tradicional esfera industrial. El análisis de las temáticas de las tesis reveló que la mayoría de estudiantes que no trabajaban para la IMMEX desarrollaban su trabajo de investigación en otros ámbitos, como la sustentabilidad, la valoración económica o los sistemas educativos.

También es destacable que a partir del 2022 se incrementó el número de profesores del NAB de MIA con profesores con doctorado y con membresía en el Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras (SNII). Actualmente el NAB se compone de tres doctores con el nivel 1 del SNII, tres en el nivel de candidato y tres profesores con el grado de maestría. Todos los profesores cuentan con el

reconocimiento a perfil deseable. Este crecimiento académico, con graduados de instituciones externas, ha dinamizado y extendido el especto del programa MIA.

Cada vez más programas de calidad incluyen, además de los temas tradicionales de MIA que le dieron origen, asuntos relacionados con la salud pública, sustentabilidad, urbanismo, energías renovables, espacio público y gestión pública (GIT, 2020; U-Kansas, 2020). Así, los temas de investigación se han ido ajustando para incorporar nuevas concepciones. En la actualidad, es común la aparición de nuevos campos semánticos que incluyen términos previamente no utilizados en la práctica de MIA. Entre estos temas se destacan los sistemas sociotécnicos, redes sociales dinámicas, ciencia comunitaria, trabajo virtual, *Big Data* y vida urbana (NW-University, 2021).

Conclusiones

Sin que se les reste importancia, parece haber llegado a un punto de inflexión la predominancia de temas productivos y operacionales. Si bien estos no van a desaparecer, ya que no sería deseable ni pertinente, se aprecia en la dinámica del programa MIA la incursión de estudios que enfatizan a las personas en las organizaciones públicas y privadas. Es posible apreciar estudios que abarcan fenómenos que trascienden los límites internos de la organización. Lo anterior hace imperativo el abordaje de campo disciplinar EM con visiones que resalten la complezidad del fenómeno, y no solo una parte de este.

La EM parece haberse extendido al medioambiente urbano y rural, de forma que ahora es posible alcanzar cobertura en lo social, en el medioambiente, en la economía y en más de una rama de las ciencias sociales en general. Estas nuevas visiones son motivadas por una preocupación básica que demanda la confluencia de perspectivas de otros campos disciplinares en escenarios inéditos que reclaman nuevas formas de gestión, principalmente aquellas basadas en la apreciación sistémica, tal y como se ha venido previendo desde décadas atrás (Shenhar, 1994).

Las variadas estructuras de los programas de EM revelan una mayor prevalencia de subjetividades, es decir, de fenómenos que responden a configuraciones investigativas complejas preventivas, no solo de enfoques cuantitativos y de ingeniería que caracterizan a las investigaciones positivistas y neopositivistas, sino que ahora incorporan abordajes de teoría crítica y constructivismo que se enfocan en la explicación del fenómeno, a pesar de su menor especificidad. Además, la EM enfrenta el reto de soluciones rápidas y *ad hoc* a problemáticas inéditas que han emergido por el desarrollo de sistemas inteligentes (NW-University, 2021; Ramos, 2015)

Limitaciones

Este estudio se limitó a considerar el análisis de un solo programa de Ingeniería Administrativa. Sería interesante para futuros trabajos la inclusión de otros programas de la misma disciplina. Lo anterior permitiría identificar tendencias y rezagos en diversos escenarios y contextos institucionales. Igualmente, haría posible la identificación de avenidas de gestión educativas para cerrar o clarificar brechas. Por otra parte, este estudio solo consideró los 10 últimos años de operación del programa MIA del TecNM/ITCJ. Sería recomendable que futuros esfuerzos se considere un periodo más amplio, siempre

que se logre identificar los registros, los cuales ya no se encuentran resguardados en la institución analizada.

Referencias

- Alvear, A., Rueda, G. R., Hernandez, I. P., & Kocaoglu, D. F. (2006). Analysis of the Engineering and Technology Management (ETM) educational programs. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, 3, 1325–1331.
<https://doi.org/10.1109/PICMET.2006.296702>
- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, 3.
<https://cintademoebio.uchile.cl/index.php/CDM/article/view/26455>
- Costantino, F., Di Gravio, G., Patriarca, R., & Tronci, M. (2024). A systemic approach for stochastic reliability management in human–machine systems. *Decision Analytics Journal*, 10, 100410.
<https://doi.org/10.1016/J.DAJOUR.2024.100410>
- De Novellis, G., Musile Tanzi, P., Ranalli, M. G., & Stanghellini, E. (2024). Leveraged finance exposure in the banking system: Systemic risk and interconnectedness. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 90, 101890. <https://doi.org/10.1016/J.INTFIN.2023.101890>
- Fehrer, J. A., & Wieland, H. (2021). A systemic logic for circular business models. *Journal of Business Research*, 125, 609–620. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2020.02.010>
- GIT. (2020). *ISyE Georgia Institute of Technology / Atlanta, GA*. Portal de Internet.
<https://www.isye.gatech.edu/>
- Iovanella, A. (2024). Exploiting network science in business process management: A conceptual framework. *Chaos, Solitons & Fractals*, 178, 114344.
<https://doi.org/10.1016/J.CHAOS.2023.114344>
- Kocaoglu, D. F. (1990). Research and Educational Characteristics of the Engineering Management Discipline. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 37(3), 172–176.
<https://doi.org/10.1109/17.104285>
- Le Tellier, M., Berrah, L., Stutz, B., Audy, J. F., & Barnabé, S. (2019). Towards sustainable business parks: A literature review and a systemic model. *Journal of Cleaner Production*, 216, 129–138.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.145>
- Mitra, A., & Shaw, R. (2023). Systemic risk management in India: An analytics perspective. *Progress in Disaster Science*, 18, 100279. <https://doi.org/10.1016/J.PDISAS.2023.100279>
- NW-University. (2021). *Master of Engineering Management / Northwestern Engineering*. Portal de Internet. <https://www.mccormick.northwestern.edu/engineering-management/>
- Omurtag, Y. B. (2009). What is engineering management? A new look at an old question. *EMJ - Engineering Management Journal*, 21(4), 3–6.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2009.11431839/ASSET//CMS/ASSET/61CCC741-62BF-4CE1-845D-6648DEC67B30/10429247.2009.11431839.FP.PNG>
- Ramos, C. A. (2015). Los paradigmas de la investigación científica. Scientific research paradigms. In *Av.psicol* (Vol. 23, Issue 1).
http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf
- Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 119, 314–325. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2015.09.015>
- Shenhar, A. (1994). Systems Engineering Management: A Framework for the Development of a Multidisciplinary Discipline. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 24(2), 327–332.
<https://doi.org/10.1109/21.281431>
- Sherrill, R. (1992). Natural Wholes: Wolfgang Köhler and Gestalt Theory. In *Portraits of Pioneers in*

- Psychology* (p. 17). Psychology Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315799568](https://doi.org/10.4324/9781315799568)
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science (New York, N.Y.)*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- U-Kansas. (2020). *What is Engineering Management? Universidad de Kansas, Engineering Management Program*. University of Kansas. <https://emgt.ku.edu/>
- von Bertalanffy, L. (1950). An outline of General System Theory. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1(2), 134–165. <https://doi.org/10.1093/bjps/1.2.134>
- von Bertalanffy, L. (1976). *General System Theory* (1st.). Geroge Braziller Inc. Ney York, NY.

Cálculo del valor intangible de las empresas con el enfoque de capacidades dinámicas

Calculation of the intangible value of companies with the dynamic capabilities approach

Rafael García Martínez

Tecnológico Nacional de México / I T de Hermosillo

rafael.garciam@hermosillo.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7175-5361>

Tomás Limones Meraz

Tecnológico Nacional de México

tlimones@itcj.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-2582-4909>

Salvador Noriega Morales

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

snoriega@uacj.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7813-5835>

Resumen

El valor intangible (VI) de una empresa que se determina a partir de cuantificar únicamente su Capital Intelectual (CI) puede resultar un valor sobreestimado o subestimado, dado que en dicha cuantificación no se consideran el resto de los Activos Intangibles (AI) que impactan en el VI de las empresas. El objetivo en este trabajo de investigación es desarrollar un modelo lineal para determinar, sin sesgo, el VI de las empresas. El modelo lineal propuesto, que se estima y valida con el método de los modelos de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales con una muestra de 116 empresas ubicadas en ciudad Juárez Chihuahua, dicho modelo se desarrolla al considerar que existe una relación causal lineal entre la variable endógena Capacidad de Innovación (CIn), referida como el VI de la empresa del modelo, y las variables exógenas: Inteligencia Competitiva (IC); capital intelectual; Gestión del Conocimiento (GC); y Capacidad de Absorción (CA). El modelo que se obtiene en este trabajo de investigación tiene una buena capacidad explicativa y predictiva, por lo que es posible calcular sin sesgo el VI de las empresas, dado que en dicho cálculo se consideran todos los AI que la empresa posee; además, proporciona el valor del efecto con el que cada una de las variables exógenas afecta a la variable endógena, lo que lo constituye como una herramienta útil para el proceso de la planeación estratégica de la gestión de mejora de dicho VI.

Palabras clave: valor intangible de las empresas, capacidad de innovación, capital intelectual, PLS-SEM, activos intangibles, capacidades dinámicas.

Abstract

The intangible value (IV) of a company that is determined by quantifying only its Intellectual Capital (IC) may be an overestimated or underestimated value, since this quantification does not consider the rest of the Intangible Assets (IA) that impact the IV of companies. The objective of this research work is to

develop a linear model to determine, without bias, the IV of companies. The proposed linear model, which is estimated and validated with the method of structural equation models with partial least squares with a sample of 116 companies located in Ciudad Juárez, Chihuahua, said model is developed by considering that there is a linear causal relationship between the endogenous variable Innovation Capacity (IC), referred to as the IV of the model company, and the exogenous variables: Competitive Intelligence (CI); intellectual capital; Knowledge Management (KM); and Absorptive Capacity (AC). The model obtained in this research work has a good explanatory and predictive capacity, so it is possible to calculate the IV of companies without bias, since this calculation considers all the AI that the company has; in addition, it provides the value of the effect with which each of the exogenous variables affects the endogenous variable, which constitutes it as a useful tool for the process of strategic planning of the management of improvement of said IV.

Keywords: companies' intangible value, innovation capacity, intellectual capital, PLS-SEM, intangible assets, dynamic capabilities.

Introducción

Suponga que Usted tiene un local totalmente equipado para operar un negocio de venta al menudeo de café en sus diferentes presentaciones, y tiene la opción de adquirir una de las franquicias Starbucks o Caffenio, al plantear la pregunta, ¿con cuál de esas dos franquicias crees que tu empresa tendrá un valor mayor?, la respuesta inmediata es: Starbuck. Sin embargo, al plantear la segunda pregunta, ¿por qué dicha marca le confiere mayor valor a tu empresa?, la respuesta ya no es tan inmediata al notar que lo único diferente es la marca, es decir, el valor contable de la empresa es el mismo ya que el negocio en cualquier caso opera con el mismo: recurso humano, equipo, maquinaria y la misma infraestructura. La respuesta a esta última pregunta es que la diferencia entre el valor contable y el valor de mercado se atribuye a la variable latente VI de la empresa, lo que genera la necesidad de identificar cuáles son los elementos que constituyen el VI de la empresa y de cómo determinarlos, esto es, detectar cuáles son las capacidades empresariales que favorecen su incremento.

El conocimiento se ha convertido, en el recurso estratégico por excelencia, tanto a nivel macroeconómico como a nivel de las empresas y otras organizaciones. Las capacidades empresariales relacionadas con la generación, la obtención, y la aplicación del conocimiento los AI con los cuales la empresa puede incrementar y sostener su ventaja competitiva y por ende aumentar su valor, dichos AI son llamadas capacidades dinámicas si poseen la habilidad evolucionar acorde al desarrollo del conocimiento y de las necesidades de innovación (Teece *et al.*, 1997). Las CD son reconocidas como una fuente importante de crecimiento, innovación y creación de valor en la economía moderna, sin embargo, no forman parte de los sistemas contables, situación que lleva a considerarlas como los activos intangibles de las empresas, esto es, activos no monetarios y sin apariencia física que las empresas poseen para ser utilizados en la producción o suministro de bienes y servicios (Ortega, 2013).

Actualmente, para los activos intangibles no existe un enfoque estandarizado que permita identificar, definir y medirlos cuantitativamente. La necesidad de asignarle un valor numérico los AI surgen con mayor énfasis en la llamada era del conocimiento, donde el valor de las empresas está

constituido por la suma del valor reflejado en los estados financieros más el valor de las capacidades empresariales basadas en el conocimiento, es decir, el valor de los AI en vez del capital intelectual que es el indicador predominante del VI en el ámbito empresarial (García, 2021).

El capital intelectual es una de las capacidades dinámicas de las empresas que es considerada como el activo intangible cuya cuantificación representa el valor de la diferencia entre su valor contable y su valor de mercado, es decir, al VI de la empresa. El concepto del CI surge a mediados del siglo XIX, y es definido como el capital de las naciones que se acumula gracias a los avances en los desarrollos científicos y tecnológicos, es hasta finales de la década de los 60 del siglo pasado cuando se publica por primera vez este concepto y es definido como la aplicación del conocimiento en las actividades empresariales (Ficco, 2020a).

En los años ochenta del siglo pasado la empresa sueca de seguros y asesoría financiera Skandia presenta un enfoque para valorar los AI, y a partir de este método de cuantificación, se han desarrollado diversas formas de medir los AI, las cuales son clasificadas como medida de nivel: organizacional o medidas globales, en la que se pretende determinar un único valor en términos financieros, esto es, del CI; operacional o de componente por componente, el valor del capital intelectual se obtiene a partir de los valores que corresponden a cada una de las dimensiones capital humano, capital relacional, capital estructural o de alguna dimensión que se considere en la empresa para el CI (García, 2021).

Algunos autores atribuyen el incremento que se presenta en el interés por estudiar y estandarizar la cuantificación de los activos intangibles y del CI a cuatro motivos:

Primero, desde una perspectiva regulatoria, el campo se ha desarrollado significativamente en las últimas tres décadas. Las primeras reformas (de 1994 a 2004) contemplaron la adopción voluntaria de Normas de la International Accounting Standards (IAS). Tal como lo promulgó la IAS, los organismos emisores de normas en todo el mundo revisaron y reescribieron sus directrices contables, generando una mayor flexibilidad en sus decisiones contables de las empresas. El 1 de abril de 2001 marca la adopción de estas normas por parte de la International Accounting Standards Board (IASB) y su cambio de nombre a International Financial Reporting Standards (IFRS). Desde 2005, la Unión Europea (UE) ha legislado para imponer las IFRS como lenguaje contable de la región, y en 2007 se inició un proceso para armonizar IFRS con los Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados preferidos en los Estados Unidos (CGAEU). Sin tener en cuenta algunas diferencias entre las IFRS y los PCGA de EE.UU. relacionadas con la contabilización de intangibles. El proceso de armonización se encuentra ahora en una fase mucho más avanzada que antes.

En segundo lugar, a pesar de las nuevas regulaciones, las prácticas contables relativas a los intangibles y al capital social siguen siendo controvertidas. Muchos académicos culpan a la IAS 38 y al Statement of Financial Accounting Standards (SFAS) 2, que regulan cómo se distribuyen los activos intangibles. reconocido, medido y divulgado. Si bien la IAS 38 generalmente prescribe la contabilización de los gastos de I+D, también permite que los gastos de I+D se capitalicen si cumplen criterios específicos. Además, los profesionales y académicos a menudo critican las normas contables por no proporcionar suficiente orientación sobre cómo

medir exactamente los intangibles. Por ejemplo, la IFRS 3 y el SFAS 142 se refieren al reconocimiento de la plusvalía y el deterioro. Ambos han recibido atención significativa por producir estimaciones muy poco confiables del valor razonable.

Una tercera cuestión que hace que este estudio sea oportuno es la necesidad de sintetizar dos líneas de investigación separadas sobre las definiciones, medición, gestión y presentación de informes de intangibles y CI que han sido desarrollándose simultáneamente: uno en Europa y Australasia, el otro en América del Norte. Ambos discuten los mismos temas, pero usan diferentes términos y vocabulario, y la lengua vernácula difiere también en todas las disciplinas. Por ejemplo, los estudiosos de la contabilidad en Europa y Australasia a menudo se refieren al término "capital intelectual", mientras que, en Estados Unidos, los investigadores utilizan con mayor frecuencia el término "activos intangibles".

Al mismo tiempo, mientras que los términos se utilizan en diferentes campos, "Activos intangibles en la literatura contable, Activos de conocimiento – por economistas, Capital intelectual – en la literatura de gestión y derecho", esencialmente significan lo mismo, "beneficios futuros que no están materializados", pero con quizás diferencias sutiles en forma y sustancia. Además, las agendas de becas e investigación de Los académicos de las dos regiones son esencialmente diferentes. Por lo tanto, tanto al revisar la cobertura y contrastar las dos corrientes, la definición anterior es válida, y usamos los términos "intangibles", "activos intangibles", "activos de conocimiento", "CI" y otros términos similares indistintamente.

Cuarto, la investigación en CI ha evolucionado a través de cinco etapas distintas durante los últimos 20 años. Desde sus inicios como una "buena idea" (primera etapa de investigación de CI), hasta la creación de marcos de CI (segunda etapa), hasta la comprensión cómo funciona la CI en la práctica (tercera etapa), algunos académicos han ido más allá de los límites organizacionales en una cuarta etapa de la investigación de la CI, o lo que ellos llaman un "enfoque ecosistémico para una gestión eficaz de la CI. Una quinta etapa de investigación que se centra en la pregunta "¿Vale la pena gestionar la CI? ¿empeño?". Esta iteración académica considera cómo la CI puede ayudar a resolver problemas sociales en lugar de que simplemente cuestiones organizativas. Explorar cómo se ha desarrollado la investigación en CI a lo largo del tiempo nos ayuda a identificar futuras direcciones de investigación. (Garanina *et al.*, 2021, p. 3)

Simo & Sallan (2021) establecen que, el capital intelectual es un elemento del conjunto de AI de una empresa, lo que lleva a que, al evaluar el VI de esta empresa basándose en el valor que resulta de cuantificar el CI, dicho valor puede presentar un sesgo, en el sentido de que este valor esté sobrevalorado o subvalorado en función de que, respectivamente, el valor del CI sea mayor o menor que el resto de los valores de los demás valores intangibles que pertenecen a la empresa.

El objetivo de este trabajo de investigación es presentar un modelo basado en las capacidades dinámicas empresariales para estimar, sin sesgo, el VI de las empresas.

Antecedentes

Capacidades dinámicas

Teece et al. (1997) señalan que son cuatro las capacidades empresariales que son necesarias para incrementar la ventaja competitiva de las empresas: conflicto estratégico; fuerzas competitivas; perspectiva basada en recursos; y capacidades dinámicas, donde estas últimas corresponden a las habilidades de la empresa para adaptar y actualizar las competencias internas y externas, para abordar entornos que cambian rápidamente, mismas que pueden considerarse como un enfoque emergente e integrador para comprender las nuevas fuentes de ventaja competitiva. Además, consideran que las CD son un enfoque emergente que integra herramientas útiles para incrementar la ventaja competitiva de las empresas.

Capacidad de innovación

La capacidad de innovación de una empresa, es el conjunto de las capacidades empresariales que participan en el Proceso de Innovación (PI) y que determinan el éxito en los resultados que se obtienen de la implementación de dicho proceso (Mendoza, 2021). No hay consenso sobre las dimensiones o capacidades que una empresa deba desarrollar para incrementar su CIn, sin embargo, dichas capacidades empresariales deben dar respuestas a las preguntas del qué y el cómo hacer para lograr la innovación, esto es, responder la pregunta ¿Por qué algunas empresas logran el éxito en innovar, y logran sostener su competitividad? Además, deben tener la habilidad de modificarse o de adecuarse a las exigencias cambiantes del mercado (Zambrano y Yepes, 2006).

Inteligencia competitiva

La inteligencia competitiva de una empresa corresponde a la capacidad empresarial que permite identificar sus oportunidades y amenazas en sus procesos de innovación a través de la adquisición de manera ética y legal, la información del entorno empresarial externo y del desarrollo del conocimiento científico y tecnológico necesaria para lograr una ventaja competitiva sostenible. Es decir, adquirir el conocimiento pertinente sobre sus proveedores, clientes, instituciones de educación superior, competidores, centros de investigación y desarrollo tecnológico, de la sociedad, de las redes informáticas, del gobierno. La función principal de la IC es recopilar información para anticipar movimientos de competidores, a los cambios en las leyes, tendencias en los mercados, desarrollos en la industria y en la tecnología (Liao et al., 2022). Cloutier, (2013); Nte et al. (2020) coinciden en señalar que el despliegue de la IC se lleva a cabo de acuerdo con el siguiente procedimiento: identificar qué información es necesaria; hacer acopio de la información requerida; convertir la información en conocimiento útil para la empresa; comunicar el conocimiento hacia los tomadores de decisiones de la empresa; propiciar el uso del conocimiento en los procesos de decisión.

Gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento, es una capacidad empresarial que, tiene un importante impacto en el desarrollo de las organizaciones, que coadyuva en la generación de ventajas competitivas sostenible, gracias al efecto que la GC ejerce en la capacidad innovadora de las organizaciones (Siregar et al., 2019; Shahzad et al., 2020).

Las actividades: identificación, creación, acopio, almacenamiento, difusión y la aplicación del conocimiento son las actividades que se desarrollan en el Proceso de Gestión del Conocimiento (PGC) (Durst et al., 2023). Por otro lado, Shahzad et al. (2020) consideran que la adquisición, difusión, y la aplicación de conocimientos son las tres dimensiones que constituyen al PGC, las actividades que se realizan en dichas dimensiones se constituyen como un importante determinante de la innovación (Chopra et al., 2021).

Capital intelectual

El capital intelectual, está constituido por tres dimensiones referentes a los recursos humanos, organizacionales y relationales de una empresa, denominados, respectivamente: Capital Humano (CH); Capital Estructural (CE); y Capital Relacional (CR). El capital humano, es la capacidad de una empresa para generar valor al utilizar los conocimientos, las habilidades, las experiencias, las actitudes, la educación, capacitación y la creatividad de sus empleados. El capital estructural, es el conjunto de información y conocimientos creados o adquiridos por la empresa. El capital relacional, es la comunicación que la empresa mantiene con sus clientes, sus proveedores, sus competidores, instituciones de educación superior, centro de investigación, el gobierno (Yüksel et al., 2022).

Capacidad de absorción

La capacidad de absorción, es definida por Cohen & Levinthal, (1990: p.128) como “la capacidad de una empresa para reconocer el valor de la nueva información externa, asimilarla y aplicarla con fines comerciales”. La CA de las empresas es una herramienta útil para incrementar su ventaja competitiva que genera como consecuencia del incremento en la capacidad de innovación y una mayor flexibilidad en la reconfiguración de la base de recursos (Miroshnychenko et al., 2021). La CA es una capacidad dinámica de las empresas, y es considerada esencial para apoyar la innovación empresarial (Algarni et al., 2023).

Zahra & George, (2002) señalan que la CA es una condición necesaria para la actualización de la base de conocimientos de una empresa, y que son dos las dimensiones que constituyen a la CA: Capacidad de Absorción Potencial (CAP) cuya función es adquirir asimilar el conocimiento externo, y Capacidad de Absorción Realizada (CAR), encargada de transformar y explotar el conocimiento adquirido.

El modelo propuesto para medir el VI está orientado al ámbito empresarial, y se construye bajo el enfoque de las capacidades dinámicas: inteligencia competitiva; gestión del conocimiento; Capacidad de Innovación; capital intelectual; y capacidad de absorción, dado que dichas CD pueden conferir una ventaja competitiva sostenible a la empresa, ya que constituyen el conjunto de recursos intangibles y capacidades, basados en información y conocimiento, de carácter tanto individual como colectivo/social (Ficco, 2020b)

Las actividades de las empresas que evolucionan de manera continua, que tienen como objetivo incrementar su ventaja competitiva y que se sustentan en los conocimientos útiles que la empresa adquiere y/o posee, son denominados Elementos Intangibles (EI), término que, por la naturaleza de los elementos que constituyen su definición será indistintamente referido, en este trabajo de investigación, como capacidades dinámicas. La capacidad dinámica capital intelectual es habitualmente utilizada para

medir el VI de las empresas, es decir, el CI es un concepto que pretende englobar todas las actividades empresariales que se generan a partir de los EI. Sin embargo, en los diferentes métodos que son utilizados para cuantificar el valor del CI, no se contemplan las actividades para la obtención, gestión y administración del conocimiento externo necesario para el desarrollo de la capacidad de innovación (Ficco, 2020b) (Simo & Sallan, 2021).

Metodología

Se utiliza un enfoque cuantitativo, con alcance correlacional. El diseño de la investigación es de tipo observacional; y es transeccional o transversal de tipo correlacional-causal. Los datos utilizados para el desarrollo de este trabajo de investigación provienen de una muestra de 116 empresas manufactureras ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, el instrumento de medición para la recopilación de dichos datos, las variables latentes, sus correspondientes ítems y codificación se muestra en la Tabla A.1 del apéndice.

El método propuesto que se presenta en este trabajo de investigación se sustenta en considerar a las capacidades CIn, IC, GC, CI y CA, como el conjunto de activos intangibles que determinan el VI de las empresas, y que dicho conjunto de activos intangibles está representado en el modelo matemático definido por la ecuación lineal (1).

$$CIn = \beta_1 IC + \beta_2 CI + \beta_3 GC + \beta_4 CA \quad (1)$$

en la que se consideran las siguientes hipótesis nulas:

1. H_1 : la IC influye sobre la CIn
2. H_2 : el CI influye sobre la CIn
3. H_3 : la GC influye sobre la CIn
4. H_4 : la CA influye sobre la CIn

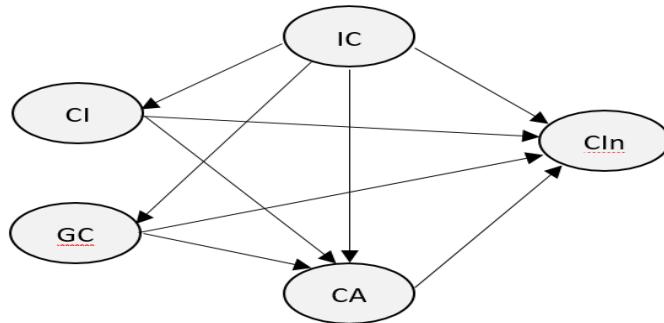
donde, respectivamente, los valores numéricos de los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, y β_4 , y estas cuatro hipótesis se estiman y validan estadísticamente con un nivel de significancia del 5% utilizando el procedimiento establecido por Sánchez (2013) para el Método de Ecuaciones Estructurales con Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-SEM, por sus siglas en inglés).

Los valores numéricos de los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, y β_4 representan los efectos estandarizados de los activos intangibles IC, CI, GC y CA sobre la CIn, y corresponden la magnitud en que se modifica de manera directamente proporcional el valor de la CIn, por cada unidad que se incremente o decremente el valor de cualquiera de los cuatro Activos Intangibles (AI) que aparecen como variables exógenas en el modelo de la ecuación (1).

En este trabajo de investigación, se calculan los valores de los efectos totales que cada uno los activos intangibles IC, CI, GC y CA tienen sobre la CIn, que se obtienen con la suma de los efectos directos, que corresponden a los valores numéricos estimados de los parámetros $\beta_1, \beta_2, \beta_3$, y β_4 de la ecuación (1), más los valores numéricos del efecto indirecto sobre la CIn, que se generan como consecuencia de

la correlación entre estas cuatro CD. El efecto indirecto que una variable exógena ejerce sobre la variable endógena es igual a la suma de los efectos moderadores de la referida variable exógena sobre el resto de las variables exógenas consideradas en el modelo estructural. En la Figura 1 se muestran de manera gráfica la relación de efectos moderadores entre las variables exógenas consideradas para el modelo correspondiente a la ecuación (1).

Figura 1. Modelo gráfico de regresión lineal multivariante.



Fuente: elaboración propia

La relación causal entre las variables exógenas IC, CI, GC y CA y la variable endógena CIn es presentada en la Figura 1, donde cada flecha que inicia en estas variables exógenas y que llega directamente a la variable CIn representan el efecto directo, mientras que el efecto indirecto corresponde a la secuencia de las flechas que salen de una variable exógena que llega a otra variable exógena para de ahí salir hacia la variable CIn. Por ejemplo, el efecto indirecto que IC ejerce sobre CIn a través de CI se establece por la composición de la flecha que sale de IC que llega a CI con la que sale de CI y llega a CIn (IC → CI → CIn), y la magnitud de este efecto indirecto se obtiene al multiplicar el valor del efecto directo de IC sobre CI por el valor del efecto directo de CI sobre CIn.

→ →

Resultados

El instrumento de medición utilizado en este trabajo tiene validez tanto convergente como discriminante, por lo que se procede a llevar a cabo el análisis estadístico del modelo estructural presentado en la figura 1, de dicho análisis se obtiene que las hipótesis H_1 , H_2 , y H_3 son válidas estadísticamente, mientras que la hipótesis H_4 no es válida estadísticamente, por lo que el modelo representado en la ecuación (2) es el modelo estimado, con los efectos totales, de la ecuación (1)

$$CIn = 0.742 * IC + 0.266 * CI + 0.386 * GC \quad (2)$$

donde la IC es el AI con mayor efecto total sobre la CIn, seguida de la GC y del CI.

Discusión de resultados

Los resultados presentados en la sección anterior muestran que la CIn, la IC, la GC y el CI son activos intangibles que están correlacionados entre sí, y que el modelo presentado en la ecuación (2) tiene una adecuada capacidad de explicación y de predicción, por lo que, dicho modelo es útil para predecir el valor de la CIn a partir de conocer los valores numéricos de la IC, el CI, y la GC. Además, se observa que incrementar, respectivamente, en una unidad el valor numérico de la IC, de la GC, y del CI el valor de la CIn se incrementa en 0.742, 0.386, y 0.266 unidades, información que resulta útil para la toma de decisiones en la gestión relacionada al proceso de incrementar el VI de la empresa, dado que, en igualdad de esfuerzos el mejoramiento por cada unidad en la IC, la GC y el CI, la primera de estas es la que mayor incremento genera en el valor de la CIn, seguida de la GC y del CI.

Los métodos desarrollados, que utilizan el concepto de capital intelectual y que incluyen los elementos vinculados al conocimiento como los AI, para calcular el VI de las empresas, no consideran en dicho cálculo los valores generados por los activos intangibles la IC y la GC (Ficco, 2020b; Ramón-Poma y Cruz, 2020; Antolínez y Bonilla, 2024), lo cual puede causar que el VI calculado sea sobrevalorado o subvalorado, ya que como se observa en la ecuación (2) el CI es una variable que representa un AI, cuya combinación lineal con la IC y la GC determina el valor del CIn, por lo que esta omisión lleva considerar el valor CIn como el valor equivalente del CI, por lo que en esta situación, ambos valores representan el VI de las empresas.

Determinar el valor de la CIn es una herramienta útil para las empresas, dado que este valor puede utilizarse como un indicador no sesgado de su VI, además de proporcionarles una base para determinar su nivel de posicionamiento y competitividad y, por ende, la posibilidad de sobrevivencia en un mercado altamente competitivo (Escobar et al., 2017; Astudillo *et al.*, 2018; de-las-Heras y Herrera, 2021). Por otro lado, Inków (2020) señalan que el valor numérico de la CIn es una condición que permite fortalecer la capacidad de reconfigurar los recursos que posee la organización en el campo de la innovación, como respuesta a los cambios que se presentan en el entorno en el que se desarrolla la empresa.

Conclusión

El valor de la CIn se constituye como un indicador no sesgado del VI de las empresas, dicho valor puede expresarse como una combinación lineal de las variables exógenas que se constituyen a partir de actividades empresariales relacionadas con el conocimiento: IC, CI y GC.

Futuras líneas de investigación

El modelo de regresión lineal en el que se representa la relación causal entre la variable CIn con las variables IC, CI y GC correspondiente a la ecuación (2), tiene validez para las empresas ubicadas en ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se recomienda construir dicho modelo en diferentes regiones geográficas para verificar su aplicabilidad.

El valor de la CIn es un indicador directamente relacionado con el VI y la competitividad de las empresas, por lo que se sugiere establecer el proceso de gestión del mejoramiento del CIn, mediante el análisis y el establecimiento de actividades empresariales estratégicas que permitan incrementar los valores numéricos de las variables IC, CI y GC.

En virtud de que tanto el CI y la CIn son indicadores del VI de las empresas, se sugiere realizar un estudio que permita comparar la efectividad de cada uno de estos indicadores para estimar el VI de las empresas.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación se llevó a cabo gracias al apoyo recibido por parte del Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) a través del Programa de Estancias Posdoctorales en México 22 (1).

Referencias

- Algarni, M. A., Ali, M., Leal-Rodríguez, A. L., & Albort-Morant, G. (2023). The differential effects of potential and realized absorptive capacity on imitation and innovation strategies, and its impact on sustained competitive advantage. *Journal of Business Research*, 158, 113674., <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113674>.
- Antolínez, S. V., & Bonilla, C. M. (2024). Capital intelectual como generador de productividad y competitividad en la educación superior: una revisión sistemática. *Revista CEA*, 10(24), <https://doi.org/10.22430/24223182.2916>.
- Astudillo, M. M., Solis, N. J. y Maldonado, A. R. (2018). Innovación y competitividad en sectores estratégicos. Acapulco, Guerrero: Editorial Universidad Autónoma de Guerrero, UAGro.
- Chopra, M., Saini, N., Kumar, S., Varma, A., Mangla, S. K., & Lim, W. M. (2021). Past, present, and future of knowledge management for business sustainability . *Journal of Cleaner Production*, 328, 129592., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129592>.
- Cloutier, A. (2013). Competitive intelligence process integrative model based on a scoping review of the literature. <https://corpus.ulaval.ca/server/api/core/bitstreams/b6d01fe3-e5d3-4c8d-96b2-862d9264f862/content>.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation . *Administrative science quarterly*, 35(1), pp. 128-152, <http://dx.doi.org/10.2307/2393553>.
- De-las-Heras, R. C. & Herrera, J. (2021). Innovation and competitive intelligence in business. A bibliometric analysis. *International Journal of Financial Studies*, 9(2); 31. <https://doi.org/10.3390/ijfs9020031>.
- Durst, S., Ingi, R. E., & Samuel, F. (2023). Knowledge management in SMEs: a follow-up literature review. *Journal of Knowledge Management* 27.11, pp. 25-58, <https://doi.org/10.1108/JKM-04-2022-0325>.
- Escobar, C. A., Velandia, P. G., Archibald, W. G. y Hernández, P. E. (2017). GC e innovación en las PYME exportadoras del sector industrial en Colombia. *Revista Espacios*, 38(34).
- Ficco, C. R. (2020a). Relevancia Valorativa De Los Activos Intangibles Y Del Capital Intelectual: Una Revisión De La Literatura Empírica (Value Relevance of Intangible Assets and Intellectual Capital: An Empirical Literature Review). *RAN-Revista Academia & Negocios*, 6(1), pp. 11-29.
- Ficco, C. R. (2020b). Una revisión del concepto de capital intelectual y de las principales alternativas para su identificación y medición. *Revista activos*, 18(1), 161-203.
- Garanina, T., Hussinki, H., & Dumay, J. (2021). Accounting for intangibles and intellectual capital: A literature review from 2000 to 2020. *Accounting & Finance*, 61(4), <http://dx.doi.org/10.1111/acfi.12751>.
- García, L. S. (2021). Contribución a la obtención de indicadores de medición para elementos intangibles en entidades del sector de la salud en Cuba. la Habana, Cuba: Trabajo de Diploma presentado en opción al Título de Licenciada en Contabilidad y Finanzas.
- Inkow, M. (2020). Organizational innovation capability as a result of knowledge management processes-a literature review. *Management*, 24(1); pp. 143-156. <http://dx.doi.org/10.2478/manment-2019-0040>.

- Liao, S., Lu, K., & Xv, L. (2022). Competitive Intelligence Gathering in Strategic Decision Making. In 2022 6th International Seminar on Education, Management and Social Sciences (ISEMSS 2022) (pp. 3061-3071). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-31-2_360.
- Mendoza, S. A. (2021). Innovation capability: a systematic literature review. *European Journal of Innovation Management*, 24(3), pp. 707-734, <https://doi.org/10.1108/EJIM-09-2019-026>.
- Miroshnychenko, I., Strobl, A., Matzler, K., & De Massis, A. (2021). Absorptive capacity, strategic flexibility, and business model innovation: Empirical evidence from Italian SMEs. *Journal of Business Research*, 130, pp. 670-682. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.02.015>.
- Nte, N. D., Omede, K. N., Enokie, B. K., & Bienose, O. (2020). Competitive Intelligence and Competitive Advantage in Pharmaceutical Firms in Developing Economies: A Review of Lagos State, Nigeria. *Journal of Management, economics, and Industrial Organization*, 4(1), 76-99. <http://doi.org/10.31039/jomeino.2020.4.1.5>.
- Ortega, G. P. (2013). Los activos intangibles y el capital intelectual: Una aproximación a los retos de su contabilización. *Saber, ciencia y libertad*, 8(1), 143-166.
- Ramón-Poma, G. M., & Cruz, A. V. (2020). Capital intelectual y sus dimensiones: Una revisión de literatura. *Vinculatéctica EFAN*, 6(1), pp. 624-635. <http://dx.doi.org/10.29105/vtga6.1-613>.
- Sánchez Gastón (2013), PLS Path Modeling Whit R, Berkeley: Trowchez Editions.
- Simo, P., & Sallan. (2021). Capital intangible y capital intelectual: revisión, definiciones y líneas de investigación. *Studies of Applied Economics*, 26 (2), pp. 65-78. <https://doi.org/10.25115/eea.v26i2.5425>.
- Shahzad, M., Q. Y., Zafar, A. U., Rehman, S. U., & Islam, T. (2020). Exploring the influence of knowledge management process on corporate sustainable performance through green innovation. *Journal of Knowledge Management*, 24(9), 2079-2106. <https://doi.org/10.1108/JKM-11-2019-0624>.
- Siregar, Z. M., Suryana, E. A., Ahman, E., & Senen, S. H. (2019). Does Knowledge Management Enhance Innovation: A Literature Review. *International Journal of Scientific y Technology Research*, 8(9), pp. 1991-1994.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic management journal*, 18(7), pp. 509-533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7%3C509::AID-SMJ882%3E3.0.CO;2-Z)
- Yüksel, A., GÖK, M. Ş., ÖZER, G., & CİĞERİM, E. (2022). A new theoretical approach to intellectual capital: Meta-synthesis definitions of innovative literacy. *Journal of Intellectual Capital*, 23(6), pp. 1435-1460. <http://dx.doi.org/10.1108/JIC-12-2020-0379>.
- Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of management review*, 27(2), pp. 185-203. <http://dx.doi.org/10.2307/4134351>.
- Zambrano, J. J., & Yepes, E. R. (2006). Gestión de capacidades dinámicas e innovación: una aproximación conceptual . *Revista de Ciências da Administração*, 8(15), 6., pp. 1-15.

Apéndice

Tabla A1

Capacidades dinámicas, ítems y su codificación considerados en el IM

Capacidad dinámica	Ítems	Codificación
	Promueve la creación del conocimiento que pueden generar los individuos, organizaciones o grupos. (1)	GC1
	Analiza y selecciona de la información que se llega a generar por parte de los individuos, organizaciones o grupos. (2)	GC2
	Cuenta con manuales, procedimientos y/o fuentes donde sea fácil encontrar datos estructurados adecuadamente. (3)	GC3
Gestión del Conocimiento (GC)	Tiene mecanismos para traducir el conocimiento de manera que pueda ser transmitido de distintas formas: por ejemplo, informes, bases de datos, entre otros. (4)	GC4
	Desarrolla actividades encaminadas a favorecer una dispersión inteligente de la información, esto es, la transferencia interna y externa. (5)	GC5
	Lo importante está en representar el conocimiento de forma que quede accesible y entendible para todos los miembros de la organización. (6)	GC6
	Realiza reuniones de planeación estratégica para definir información importante del entorno de la empresa. (7)	IC1
	Realiza reuniones de planeación estratégica para definir como obtener información del entorno importante. (8)	IC2
	Recolecta la información relevante del entorno de forma sistemática. (9)	IC3
Inteligencia Competitiva (IC)	Analiza la información del entorno para generar reportes con información estratégica. (10)	IC4
	Proporciona formación y desarrollo al personal encargado de definir, buscar,	IC5

Capital Intelectual (CI)	analizar y generar información estratégica. (11)	
	Considera el nivel académico/profesional del personal para su contratación y promoción. (12)	CI1
	Proporciona Capacitación y Desarrollo a su personal de acuerdo con las competencias requeridas en la función a desempeñar. (13)	CI2
	Promueve la cultura de compartir conocimiento entre su personal. (14)	CI3
	Conoce el capital humano con el que cuenta la empresa (sistema de información del personal). (15)	CI4
	Promueve la participación del personal en las actividades de mejora e innovación. (16)	CI5
	Proporciona capacitación para la gestión de la innovación. (17)	CI6
	Mantiene relaciones con sus clientes y proveedores para la mejora de procesos y productos. (18)	CI7

Fuente: elaboración propia

Tabla A2

Valores de confiabilidad y validez.

	Ítem	Carga factorial	Alfa	rho	AVE
IC	IC1	0.908			
	IC2	0.885			
	IC3	0.913	0.930	0.947	0.781
	IC4	0.856			
	IC5	0.856			
CI	CI1	0.863			
	CI2	0.898			
	CI3	0.854			
	CI4	0.812	0.940	0.951	0.737
	CI5	0.894			
GC	CI6	0.881			
	CI7	0.800			
	GC1	0.832			
	GC2	0.897	0.952	0.962	0.809
	GC3	0.903			
	GC4	0.888			

	GC5	0.926				
	GC6	0.945				
	CA1	0.711				
CA	CA2	0.857				
	CA3	0.951	0.892	0.927	0.763	
	CA4	0.951				
	CIn1	0.995				
	CIn2	0.994				
	CIn3	0.997				
CIn	CIn4	0.996	0.999	0.999	0.992	
	CIn5	0.996				
	CIn6	0.998				
	CIn7	0.997				

Fuente: elaboración propia.

Tabla A3

Criterio de Fornell y Lacker.

	IC	CI	GC	CA	CIn	
IC	0.883*					
CI	0.555	0.914*				
GC	0.575	0.271	0.899*			
CA	0.740	0.543	0.787	0.873*		
CIn	0.742	0.577	0.672	0.747	0.995*	

Fuente: elaboración propia.

Enfoque analítico de la carga de horas en los planes de mantenimiento preventivo para la optimización de recursos

Analytical approach to the load of hours in preventive maintenance plans for resource optimization

Martín Pillado Portillo

Tecnológico Nacional de México /IT de Ciudad Juárez, México

martin.pp01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2515-4383>

Cristina Quintero Ávila

Tecnológico Nacional de México /IT de Ciudad Juárez, México

cristina.qa01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-3553-5752>

Luis Gerardo Esparza Ramírez

Tecnológico Nacional de México /IT de Ciudad Juárez, México

Luis.er01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1118-4453>

Resumen

La calendarización de las actividades de mantenimiento preventivo asegura el cumplimiento dentro de fechas y tolerancias establecidas, si bien es un punto importante de la administración de los programas de mantenimiento, también es uno de los puntos en los cuales se presenta un problema que puede llegar a aumentar los costos si no se maneja de forma adecuada. El objetivo de este artículo fue comprobar que el seguimiento al correcto manejo de los programas de mantenimiento puede tener un impacto significativo. Para visualizar el impacto en todo el programa se utilizó una metodología simple que consiste en la visualización gráfica de los picos de horas en gráficas de planes de mantenimiento anual, comparando contra la media mensual para poder obtener el valor deseado, aunado a eso también se usan gráficas para visualizar como en el caso de las horas, el gasto en refacciones que si bien el gasto es inevitable, el almacenamiento de estos altos requerimiento es un impacto considerable a la administración del almacén. Como resultados al implementar esta metodología se logró eliminar la variación en el programa de mantenimiento de 81 a 14.18 horas equivalente a un 77.5% menos de variación de un mes a otro, también al analizar el gasto de toolcrib se logró reducir de \$4,233.20 dólares los cuales debían de estar resguardados en los inventarios para el uso cada 6 meses, se redujo a \$1,380.73 dólares, lo que representa un ahorro sustancial en costos de mantenimiento y almacenamiento. Estos resultados destacados confirmaron la efectividad de la metodología propuesta, demostrando que un enfoque más cuidadoso para el manejo del programa de mantenimiento puede conducir a mejoras significativas a largo plazo. Las nuevas prácticas de manejo de programas de

mantenimiento, basadas en los hallazgos de este estudio, abren nuevas posibilidades para la mejora continua de la eficiencia y productividad en la gestión de activos y recursos. Esto, a su vez, proporciona beneficios tangibles a las operaciones y a la rentabilidad general de la organización.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, programación, balance, costos de mantenimiento, eficiencia

Abstract

Scheduling preventive maintenance activities ensures compliance within established dates and tolerances. While it is an important point in the management of maintenance programs, it is also one of the points where a problem arises that can increase costs if not managed properly. The objective of this article was to prove that monitoring the correct management of maintenance programs can have a significant impact. To visualize the impact on the entire program, a simple methodology was used that consists of the graphical display of peak hours in annual maintenance plan graphs, comparing against the monthly average in order to obtain the desired value. In addition, graphs are also used to visualize, as in the case of hours, the expense in spare parts that, although the expense is inevitable, the storage of these high requirements is a considerable impact on warehouse management. As a result of implementing this methodology, the variation in the maintenance program was eliminated from 81 to 14.18 hours, equivalent to a 77.5% less variation from one month to another. Also, when analyzing the toolcrib expense, it was possible to reduce from \$4,233.2 dollars, which should have been kept in the inventories for use every 6 months, to \$1,380.73 dollars, which represents a substantial saving in maintenance and storage costs. These outstanding results confirmed the effectiveness of the proposed methodology, demonstrating that a more careful approach to maintenance program management can lead to significant long-term improvements. New maintenance program management practices, based on the findings of this study, open new possibilities for continuous improvement of efficiency and productivity in asset and resource management. This, in turn, provides tangible benefits to operations and the overall profitability of the organization.

Keywords: Preventive maintenance, scheduling, balance, maintenance costs, efficiency

Introducción

El mantenimiento puede describirse como una combinación de acciones técnicas y administrativas con el objetivo de mantener un elemento funcionando según las especificaciones de su proyecto o restaurarlo a esas condiciones (Junqueira et al., 2018). La gestión del mantenimiento es fundamental para mantener las ventajas competitivas (Fraser et al., 2015). Para garantizar un rendimiento óptimo del equipo o producto, es imprescindible la recopilación de información, el análisis avanzado y la adopción de decisiones estructuradas en materia de mantenimiento. De esta manera, se asegura una elevada calidad en la toma de decisiones en este ámbito (Saihi et al., 2022). Existe un fuerte interés por parte de los gestores de activos en determinar cómo los resultados de los procesos de mantenimiento afectan los objetivos comerciales (Parida et al., 2015).

La realización manual de las labores de mantenimiento puede ocasionar la pérdida de oportunidades, una programación inadecuada y un uso ineficaz de los recursos (Izadi et al., 2023). La

deficiente calidad del mantenimiento y las prácticas mal definidas generan diversas problemáticas e impactos económicos, ambientales y sociales negativos (Liyanage et al., 2010; Raouf, 2009). De forma tradicional, se espera que el mantenimiento conduzca a sistemas de producción disponibles, confiables y eficientes (Ylipää et al., 2017). Neely y Bourne (2000) sostienen que "el secreto está en medir lo mínimo posible, pero asegurarse de medir aquellas cosas que son relevantes".

El continuo mejoramiento del proceso de gestión del mantenimiento exige una evaluación regular del rendimiento y la estrategia de mantenimiento (Márquez, 2007), dado que una selección adecuada de indicadores de rendimiento podría contribuir a identificar y disminuir la discrepancia entre el rendimiento actual y el esperado (Muchiri et al., 2011).

La toma de decisiones es muy importante y el hacerlo de forma inteligente puede ser llevada a cabo gracias a la manera correcta y objetiva en la que se manejan los datos que se obtienen de los activos. (Sedghi et al., 2021), por lo general estos datos son relacionados con los costos de realización de las actividades del mantenimiento.

Es muy común el estimar los costos de la planificación y la programación tomando en consideración un costo fijo por actividad o unidad de tiempo. Este enfoque es un método simple para formular la función de costo de mantenimiento (Sedhi et al., 2021), dentro de los análisis de costo que se utilizaran durante esta investigación se tomaran los costos por mes como unidad de tiempo.

Dentro de un plan óptimo de mantenimiento se tiene como objetivo determinar cuándo y qué tipo de tarea de mantenimiento es esencial para los diferentes componentes de una infraestructura en un período de tiempo determinado. (Mohammadi, R. & He, Q., 2022), aunado a esto el programa de estos planes y tareas específicas debe ser administrado de forma adecuada para optimizar todos los recursos posibles.

Esta investigación se sumerge hacia una parte olvidada de la planificación de las actividades de mantenimiento, que, si bien es un hecho que el hablar de mantenimiento trae el pensamiento de análisis de fallas como factor principal en los estudios de optimización de las actividades, no será el tema que se considerara ya que en este escrito se abordara únicamente la administración de las actividades de mantenimiento preventivo y a su vez el impacto positivo que se puede llegar a obtener cuando se realiza de manera correcta y se le da el seguimiento adecuado para mantenerse actualizado.

Metodología

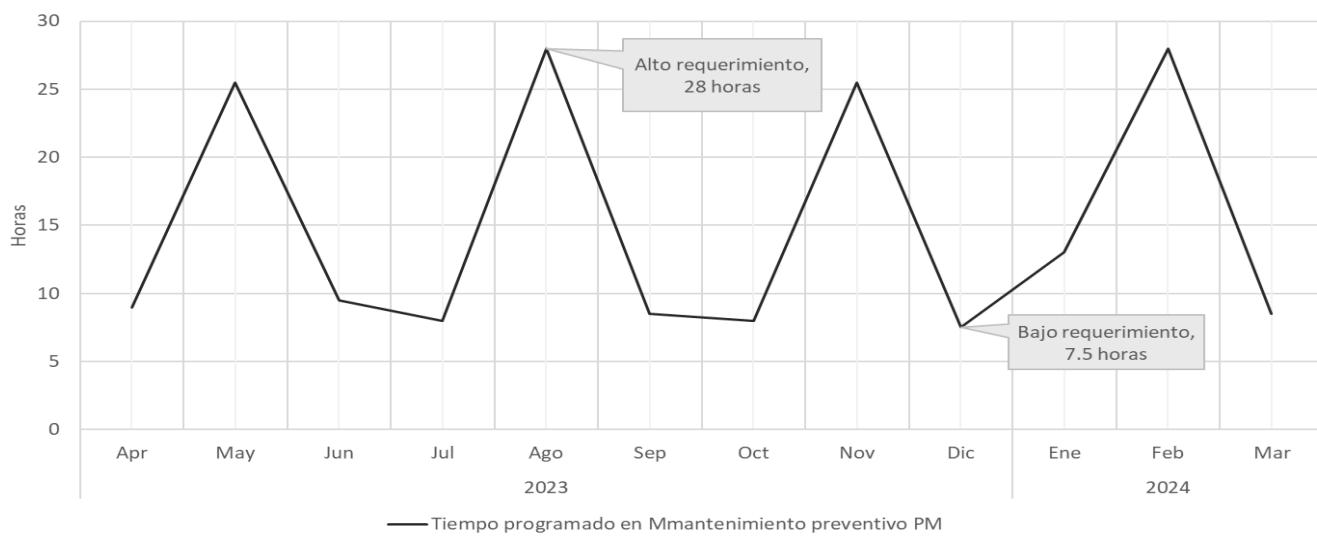
El mantenimiento preventivo tiene como objetivo lograr una confiabilidad y seguridad óptimas del sistema mientras utiliza la menor cantidad de recursos de mantenimiento posible (Huang et al. 2003) lo cual se realiza al mantener, reemplazar o reparar maquinaria, sistemas, herramientas antes de que estas lleguen a fallar y tiendan a apagarse (Wang et al. 2020).

Ánalisis inicial

Los programas de mantenimiento preventivo son generalmente programados en base a los todos los activos de la planta, que si bien es la forma correcta, con el paso del tiempo llegan a incorporarse nuevos

activos al programa de mantenimiento preventivo, en algunos casos estos nuevos programas se traslapan entre si generando cargas de trabajo dentro de algunos periodos y espacios libres en otros si no se contemplan los dentro de los programas ya establecidos, una de las formas más eficientes para saber que tan alejado de un buen balance esta un programa de mantenimiento es mediante el método grafico el cual consiste en tomar los tiempo de los mantenimientos preventivos programados durante todo el año y mediante una gráfica mostrar mes con mes como cambia la carga del programa de mantenimiento preventivo en horas como se muestra a continuación en la figura 1.

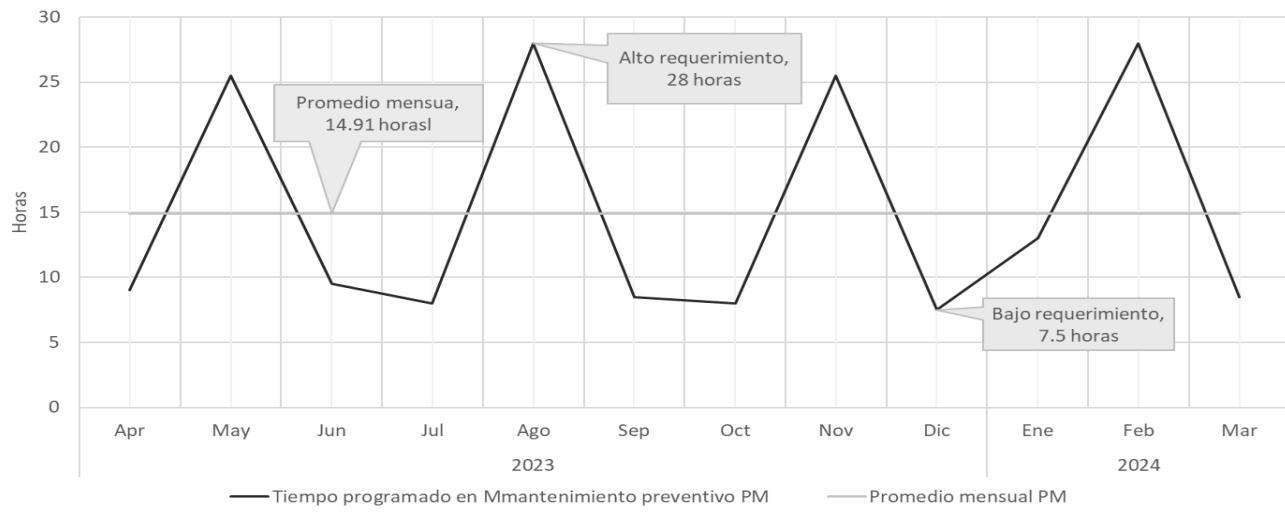
Figura 1 *Grafica de estado inicial del programa de mantenimiento preventivo*



Nota: Elaborada por el autor, 2024

El poder visualizar de esta manera todos los programas de mantenimiento ayuda a entender en donde se pueden encontrar las oportunidades del balance en la programación de los mantenimientos, en este ejemplo se puede observar que las diferencias entre el alto requerimiento de 28 horas y bajo requerimiento de 7.5 horas es de 20.5 horas, un tiempo considerable que puede llegar a tener un impacto negativo en cuanto a la administración de recursos, después de realizar esta grafica se calcula un promedio mensual de la carga de horas, el cual sería entre el total de horas planeadas del año entre los 12 meses, esta operación nos da 14.91 horas de trabajo y se representa con una línea de referencia dentro de la gráfica como se muestra en la figura 2.

Figura 2 Grafica de estado inicial del programa y tiempo medio mensual



Nota: Elaborada por el autor, 2024

Dentro de la interpretación de los picos de la gráfica tenemos dos oportunidades, primero los picos que sobresalen dentro de la media nos indican un requerimiento alto de personal, tiempo de paro de los equipos y uso de refacciones; y segundo los picos bajos nos indican que tenemos un requerimiento bajo los cual se interpreta en una falta de actividad de mantenimiento preventivo programada, pero con la oportunidad de absorber la carga de los picos altos ya identificados.

Ajuste de horas

El objetivo del ajuste de horas es que los tiempos de cada mes se acerquen cada vez más a la media establecida de 14.91 horas, debido a que los programas de mantenimiento manejan diferentes frecuencias y tiempo en cada preventivo, como se muestra en la tabla 1, es casi imposible hacer que la diferencia entre el alto requerimiento y el bajo sea cero, aunque siempre se debe buscar el tratar de que la diferencia sea mínima.

Tabla 1 Estado inicial del programa de mantenimiento

Horas de mantenimiento preventivo programado

Equipo	Frecuencia	2023							2024				
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Maquina-02	Anual										1		
Maquina-03	Anual										1		
Maquina-04	Anual										1		
Maquina-05	Anual										1		
Maquina-07	Anual										1		
Maquina-08	Anual				1								
Maquina-12	Anual	1											
Maquina-13	Anual				1								
Maquina-02	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-03	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-04	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-05	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-07	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-08	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-12	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-13	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-14	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-02	Semestral	0.5						0.5					
Maquina-03	Semestral				0.5						0.5		
Maquina-04	Semestral						0.5					0.5	
Maquina-05	Semestral						0.5					0.5	
Maquina-07	Semestral					0.5						0.5	
Maquina-08	Semestral					0.5						0.5	
Maquina-12	Semestral					0.5						0.5	
Maquina-13	Semestral					0.5						0.5	
Maquina-14	Semestral					0.5						0.5	
Maquina-02	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-03	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-04	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-05	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-07	Trimestral	3			3			3			3		
Maquina-08	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-09	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-12	Trimestral			3			3			3			3
Maquina-13	Trimestral		3			3			3			3	
		9	25.5	9.5	8	28	8.5	8	25.5	7.5	13	28	8.5

Nota: Elaborada por el autor, 2024

La realización del ajuste del programa se realiza totalmente manual y para facilitar el proceso se da la recomendación de empezar desde las frecuencias más bajas hasta las más altas, por ejemplo, en el ejemplo sería en el siguiente orden: Mensual, Trimestral, Bianual y anual.

Dentro de las organizaciones es muy común que se manejen ciertas regulaciones de calidad entre las cuales destaca la realización de los mantenimientos preventivos en tiempo por lo que el realizar ajustes en el programa actual podría llevar a salir de las tolerancias marcadas, como recomendación se debe de realizar la nueva programación hacia la parte de adelantar fecha y no atrasarla como muestra la figura 3, se tiene un mantenimiento trimestral el cual debemos de reprogramar y tomando en fecha inicial el mes de mayo si se reprograman las fechas hacia adelante estaríamos programando a siete, ocho nueve y diez meses en lugar de seis como lo marca la frecuencia.

Figura 3 Programación de mantenimiento preventivo en adelanto

Equipo	Frecuencia	A	Horas de mantenimiento preventivo programado										
			2023					2024					
			M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Maquina-02	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-12	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-13	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-08	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-07	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Nota: Elaborada por el autor, 2024

Se debe recordar que las frecuencias se establecen en determinado tiempo para así mantener en óptimas condiciones los equipos y el llevarlos más allá de las misma puede traer problemas de averías o incumplimiento de alguna regulación, el ajuste de la programación hacia atrás de la siguiente fecha nos garantiza el cumplimiento de las frecuencias como se muestra en la figura 4, en esta figura se puede apreciar como la nueva programación queda dentro de la tolerancia para su realización, esta recomendación es basada en regulaciones y el no considerarla es decisión de las personas que realicen la programación de los mantenimiento preventivos.

Figura 4 Programación de mantenimiento preventivo en atraso

Equipo	Frecuencia	A	Horas de mantenimiento preventivo programado										
			2023					2024					
			M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Maquina-02	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-12	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-13	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-08	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-07	Semestral	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Nota: Elaborada por el autor, 2024

Esta estrategia de programación está condicionada a respetar siempre la frecuencia del mantenimiento sin exceder el tiempo de esta misma, debido al riesgo que podría generar el aumento de tiempo entre un mantenimiento preventivo y otro, ya que esto podría llegar a generar un impacto significativo en las fallas de los equipos o incluso se podría tener problemas con respecto a la calidad del producto que se fabrique.

Siguiendo el balance con cada una de las frecuencias del ejemplo podemos obtener una diferencia entre requerimiento alto y bajo de solo 0.5 horas como se muestra en la tabla 2, esto representa 14.41 horas menos que el programa inicial, lo cual impactara en el tiempo programado de los técnicos, la disponibilidad de los equipos y el uso de refacciones.

Dentro de los softwares de administración para la programación de los mantenimientos preventivos es muy común que no se tengan representaciones del programa de mantenimiento como en la tabla 2, por lo que se recomienda utilizar una herramienta más amigable para este método como lo es Excel, ya que así se podrá obtener una visión más clara de donde se deben realizar los cambios y una vez concluido todo el método de balance de carga de horas laborales se cargara al software de administración de mantenimiento.

Tabla 2 Estado inicial del programa de mantenimiento

Horas de mantenimiento preventivo programado

Equipo	Frecuencia	2023							2024				
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
Maquina-02	Anual											1	
Maquina-12	Anual												1
Maquina-13	Anual	1											
Maquina-08	Anual		1										
Maquina-07	Anual			1									
Maquina-05	Anual				1								
Maquina-04	Anual					1							
Maquina-03	Anual						1						
Maquina-02	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-03	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-04	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-05	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-07	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-08	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-12	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-13	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-14	Mensual	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Maquina-02	Semestral	0.5					0.5						
Maquina-03	Semestral		0.5					0.5					
Maquina-04	Semestral			0.5					0.5				
Maquina-05	Semestral				0.5					0.5			
Maquina-07	Semestral					0.5				0.5			
Maquina-08	Semestral					0.5					0.5		
Maquina-12	Semestral												
Maquina-13	Semestral					0.5					0.5		
Maquina-14	Semestral						0.5					0.5	
Maquina-02	Trimestral	3			3			3			3		
Maquina-03	Trimestral	3			3			3			3		
Maquina-04	Trimestral	3			3			3			3		
Maquina-05	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-07	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-08	Trimestral		3			3			3			3	
Maquina-09	Trimestral			3			3			3			3
Maquina-12	Trimestral			3			3			3			3
Maquina-13	Trimestral			3			3			3			3
		15	15	15	15	14	15	15	15	15	14	15	15

Nota: Elaborada por el autor, 2024

Impacto financiero

Una de las ventajas del tener un programa de mantenimiento preventivo balanceado es el ahorro que se puede llegar a tener debido a que el mantener inventarios altos por requerimientos altos con poco movimiento impacta enormemente de manera negativa en el gasto del almacén de refacciones, por lo que se busca que esos altos requerimiento innecesarios sean reducidos, en la tabla 3 podemos observar un gasto desbalanceado debido a la incorrecta programación dando un pico de 117 dólares lo cual está ligado a una inversión de 25 piezas de la primera refacción y 25 de la segunda lo cual nos indica que nuestro inventario debe de tener un stock de 25 o más piezas el cual solo se mueve dos veces por año.

Tabla 3 Estado inicial de gasto de refacciones

PM	Description	Costo	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Annual	Perno Zinc Finish Steel Clevis Pin 7/16" x 2" (Effective Length 1.766")	\$ 1.90	25	0	0	5	0	10	0	0	0	0	0	0
Annual	Hair pin dip 1-9/16"LG, .080 thk. Wire, zinc plated, steel	\$ 2.50	25	0	0	5	0	10	0	0	0	0	0	0
Semestral	Perno Zinc Finish Steel Clevis Pin 7/16" x 2" (Effective Length 1.766")	\$ 2.00	2	10	4	2	0	0	2	10	4	2	0	0
Semestral	Hair pin dip 1-9/16"LG, .080 thk. Wire, zinc plated, steel	\$ 1.50	2	10	4	2	0	0	2	10	4	2	0	0
			117.00	35.00	14.00	29.00	'	44.00	7.00	35.00	14.00	7.00	'	'
		\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$

Nota: Elaborada por el autor, 2024

Después de la realización del balance se puede ver que se tiene un gasto más uniforme, teniendo el pico de gasto más alto de 29 dólares y se puede observar que el máximo de inventario tiene una disminución significante a solo cinco piezas correspondientes a un 80% menos en comparación del estado inicial de la realización del balance como se observa en tabla 4.

Tabla 4 Estado final de gasto de refacciones

PM	Description	Costo	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Annual	Perno Zinc Finish Steel Clevis Pin 7/16" x 2" (Effective Length 1.766")	\$ 1.90	5	0	5	5	5	0	5	0	5	5	5	0
Annual	Hair pin dip 1-9/16"LG, .080 thk. Wire, zinc plated, steel	\$ 2.50	5	0	5	5	5	0	5	0	5	5	5	0
Semestral	Perno Zinc Finish Steel Clevis Pin 7/16" x 2" (Effective Length 1.766")	\$ 2.00	2	4	2	2	2	6	2	4	2	2	2	6
Semestral	Hair pin dip 1-9/16"LG, .080 thk. Wire, zinc plated, steel	\$ 1.50	2	4	2	2	2	6	2	4	2	2	2	6
			29.00	14.00	29.00	29.00	29.00	21.00	29.00	14.00	29.00	29.00	29.00	21.00
			~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~

Nota: Elaborada por el autor, 2024

La comparación grafica del antes y después de la realización del balance entre los gastos mensuales de las refacciones se puede apreciar en la figura 5, la cual nos indica claramente la mejora de la programación y mostrando el gran impacto que este puede tener en nuestros inventarios, este ejemplo es solo a pequeña escala tomando en cuenta solo 9 equipos por lo que el visualizar en una escala mayor el impacto seria proporcional y mucho más significante.

Figura 5 Estado de gasto antes y después de la mejora



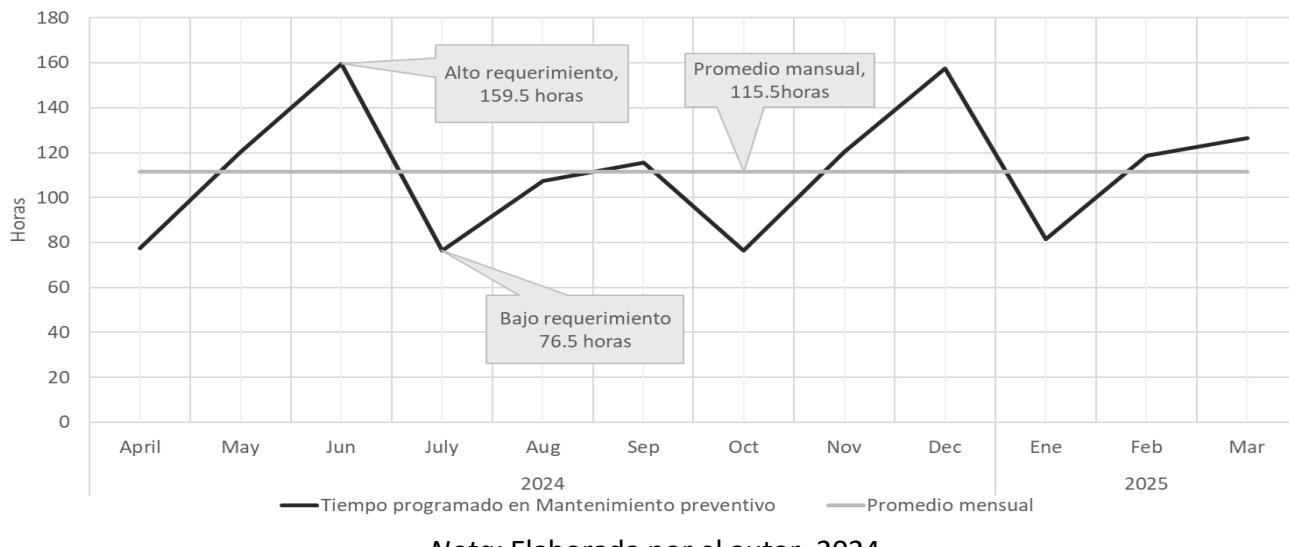
Nota: Elaborada por el autor, 2024

Desarrollo

Para la implementación se tomaron 24 máquinas con un total de 1,386 horas de mantenimiento preventivo anuales, como se observa en la figura 6, tenemos un requerimiento alto de 159.5 horas, un requerimiento bajo de 76.5 horas lo cual nos da una diferencia de 81 horas entre ambos requerimientos, con un promedio mensual de 111.5 horas, para entender un poco más este concepto se relaciona con el tiempo mensual de un técnico de mantenimiento el cual es un promedio de 187 horas por mes lo cual podría generar que entre un mes y otro pudiera existir mucha o poca carga de horas, creando un déficit en altos requerimiento y una holgura en bajos requerimientos, estos dos estados del programa se

reflejan en el incremento del tiempo extra para cumplir con todos los mantenimientos asignados en ese lapso o en una falta de actividades planeadas en el caso de la holgura del programa.

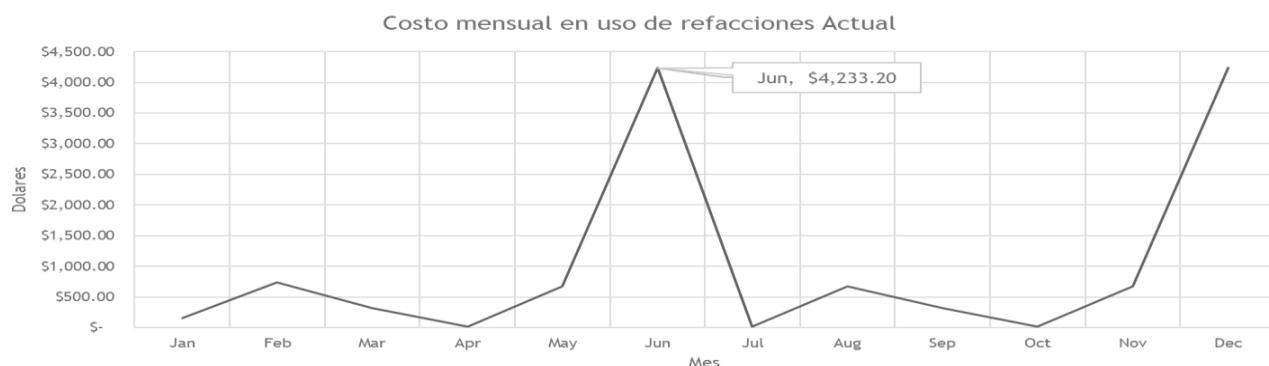
Figura 6 Grafica de estado inicial del programa y tiempo medio mensual



Nota: Elaborada por el autor, 2024

Dentro de la parte financiera del programa de mantenimiento preventivo se puede observar que dentro del inventario de refacciones para los equipos en el plan se tiene un pico de gasto que llega hasta \$4,233.20 dólares como se muestra en la figura 7, dejando en claro la necesidad de optimizar este proceso para un mayor aprovechamiento de los recursos ya que no solo es el gasto que se genera en la compra sino que también genera gastos de almacenamiento debido a que una vez que se realice la compra de las refacciones estas no se utilizaran hasta casi 6 meses después de acuerdo a lo mostrado en la figura 7.

Figura 7 Costo de refacciones inicial en toolcrib por mes



Nota: Elaborada por el autor, 2024

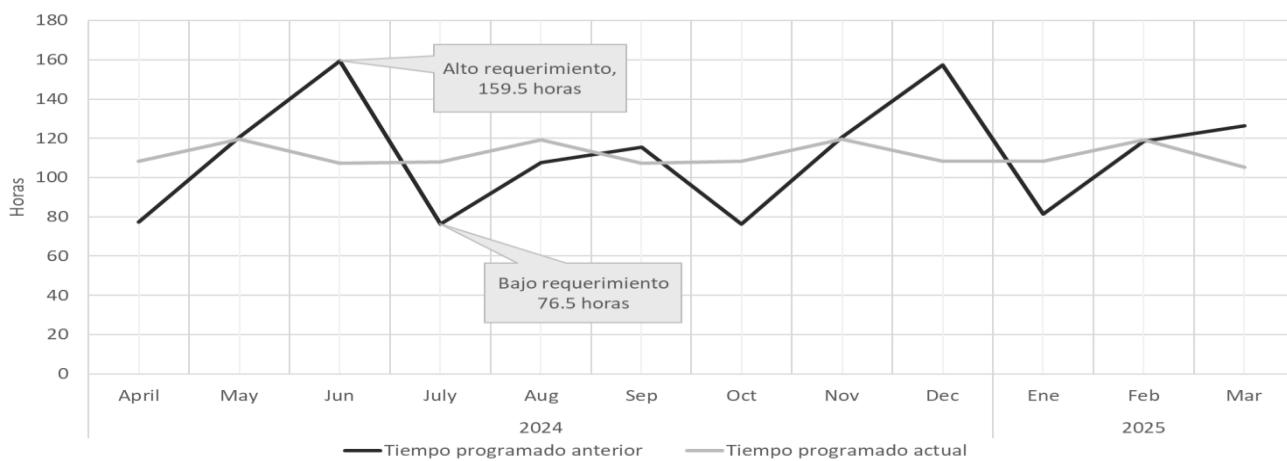
Lee et al. (2022) mencionaron que el incremento de las asignaciones de presupuesto para las actividades de mantenimiento no necesariamente se traduce en mejores resultados, e hicieron énfasis

en la necesidad de que las actividades de mantenimiento deben de tener una utilización eficiente del presupuesto

Resultados

Después de desarrollar la metodología propuesta se puede observar que tenemos un requerimiento alto de 119.43 horas, un requerimiento bajo de 105.5 horas lo cual nos da una diferencia de 14.18 horas, lo que refleja una disminución en la diferencia entre requerimiento alto y bajo del programa del 82% con respecto a la diferencia inicial, esto es un gran impacto en la programación de las actividades de mantenimiento asegurando el correcto uso de los recursos e impactando directamente a la disponibilidad de los equipos.

Figura 8 Gráfica que muestra el estado inicial y final del programa, permitiendo apreciar las diferencias entre ambos.



Nota: Elaborada por el autor, 2024

Dentro del impacto en el área financiera se obtiene una reducción bastante significativa, de \$4,233.20 hasta \$1,380.73 como se muestra en la figura 8, equivalente a \$2,852.47 lo cual representa una disminución del 67.38% del costo del inventario en toolcrib, lo cual es una gran mejora en la administración del gasto y el almacenamiento de refacciones.

Figura 9 Costo de las refacciones utilizadas mensualmente para el mantenimiento preventivo final en Toolcrib.



Nota: Elaborada por el autor, 2024

Se considera que contar con recursos financieros adecuados es indispensable para ejecutar con éxito los planes de mantenimiento, lo que subraya la importancia de contar con presupuestos accesibles y así evitar que las limitaciones financieras impidan una implementación eficaz (Lebea et al. 2024).

Amos et al. (2020) sostienen que, si bien la planificación es esencial, un énfasis excesivo en ella a veces puede provocar retrasos en las actividades de mantenimiento reales. Sugieren un enfoque más flexible y adaptativo para la planificación del mantenimiento a fin de abordar las necesidades de mantenimiento inesperadas con prontitud.

Conclusiones

Mediante la metodología expuesta se logró llegar al objetivo de optimizar los recursos para la realización de los mantenimientos preventivos que al tener un desbalance en cuanto a la programación de los mantenimiento se podía interpretar en momentos que el programa era de alta frecuencia y de necesidad de más refacciones debido a los grandes picos iniciales en el programas de MP, en consecuencia cuando surge la necesidad de un programa más frecuente de MP y más cambios de refacciones se llega a tener altos costos para el usuario (Udoh, 2024).

Yousefli et al., (2020) establecen que los sistemas desarrollados hoy en día podrían facilitar los procesos de flujo de trabajo y asignación de recursos siguiendo un cronograma de mantenimiento para obtener ventajas de efectividad en el tiempo, lo cual es demostrado como verdadero de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio.

La asignación de recursos para la realización de procedimientos de mantenimiento es un elemento importante dentro de la correcta planificación e implementación de las actividades de mantenimiento (Onggaria et al, 2022), Los procedimientos de mantenimiento son importantes porque este proceso requiere un conocimiento detallado de los requisitos de mantenimiento, así como de los recursos necesarios para realizarlo (Aulia et al. 2022).

Es claro que la oportunidad de mejora dentro de los programas de mantenimiento preventivo se logra mediante una correcta administración de las actividades que se realizan para poner en marcha la implementación de dichos programas (Pillado et al. 2022).

Agradecimientos

CONAHCYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías)

TecNM (Tecnológico Nacional de México)

Posgrado del TecNM campus Cd Juárez

Referencias

- Amos, D., Au-Yong, C.P., & Musa, Z.N. (2020). Developing key performance indicators for hospital facilities management services: A developing country perspective. *Engineering Construction and Architectural Management*, 27(9), 2715-2735. <https://doi.org/10.1108/ecam-11-2019-0642>
- Aulia, I., Putri, H., Giovanni, G., Gita, R., Dondokambey, N.V., Suryaputri, Z., & Nurcahyo, R. (2022). Analysis of maintenance management implementation and strategy conceptualization: A case study of hospitals' maintenance management in Indonesia. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 204-221, Istanbul, Turkey, March 7-10.
- Fraser, K., Hvolby, H.H., & Tseng, T.L.B. (2015). Maintenance management models: A study of the published literature to identify empirical evidence. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(6), 635-664.
- Huang, S.H., et al. (2003). Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis. *International Journal of Production Research*, 41(3), 513-527.
- Izadi, A., Bakhshali, M.A., Ghasemifard, H., & Sarrafzadeh, O. (2023). An intelligent system for management of medical equipment maintenance. *Journal of Patient Safety & Quality Improvement*, 11, 161-167. <https://doi.org/10.22038/PSJ.2023.74922.1407>
- Junqueira, V.S.V., Nagano, M.S., & Miyata, H.H. (2020). Procedure structuring for programming aircraft maintenance activities. *Revista de Gestão*, 27(1), 2-20. <https://doi.org/10.1108/REGE-02-2018-0026>.
- Márquez, A.C. (2007). The Maintenance Management Framework. Springer, London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-821-0>
- Mohammadi, R., & He, Q. (2022). A deep reinforcement learning approach for rail renewal and maintenance planning. *Reliability Engineering & System Safety*, 225, 108615.
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of a maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295-302.
- Neely, A., & Bourne, M. (2000). Why measurement initiatives fail. *Measuring Business Excellence*, 4, 3-6.
- Lee, Z.P., Rahman, R.A., & Doh, S.I. (2022). Critical success factors for implementing design-build: Analysing Malaysian public projects. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(5), 1041-1056. <https://doi.org/10.1108/jedt-08-2020-0321>
- Lebea, M.J., Agumba, J.N., & Adebawale, O.J. (2024). Critical success factors in the maintenance strategies of public healthcare facilities. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 42(7), 55-75. <https://doi.org/10.1108/IJBPA-02-2024-0038>
- Liyanage, J.P., & Badurdeen, F. (2010). Strategies for integrating maintenance for sustainable manufacturing. In *Engineering Asset Lifecycle Management* (pp. 308-315). Springer, London.
- Onggaria, E., Manurung, O., & Hadsyah, L. (2022). Analysis of maintenance management implementation: A case study in a smartphone manufacturing factory. *5th International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management*, Dhaka, Bangladesh, December 26-27. <https://doi.org/10.46254/BD05.20220189>

- Pillado, M., Castillo, V., & De la Riva, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24), 1-17. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1218>
- Saihi, A., Ben-Daya, M., & As'ad, R. (2022). Underpinning success factors of maintenance digital transformation: A hybrid reactive Delphi approach. *International Journal of Production Economics*, 255, 108701. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108701>
- Sedghi, M., Kauppila, O., Bergquist, B., Vanhatalo, E., & Kulahci, M. (2021). A taxonomy of railway track maintenance planning and scheduling: A review and research trends. *Reliability Engineering and System Safety*, 215, 107827.
- Tinga, T., Wubben, F., Tiddens, W., Wortmann, H., & Gaalman, G. (2021). Dynamic maintenance based on functional usage profiles. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 27(1), 21-42. <https://doi.org/10.1108/JQME-01-2019-0002>
- Udoh, N., Uko, I., & Bassey, K. (2024). Effect of load on sequential imperfect preventive maintenance and replacement schedules of mechanically repairable machines. *Journal of Reliability and Statistical Studies*, 337-356. <https://doi.org/10.13052/jrss0974-8024.1628>
- Wang, N., et al. (2020). An active preventive maintenance approach of complex equipment based on a novel product-service system operation mode. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123365.
- Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J., & Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1), 126-143.
- Yousefli, Z., Nasiri, F., & Moselhi, O. (2020). Maintenance workflow management in hospitals: An automated multi-agent facility management system. *Journal of Building Engineering*, 32(March), 101431. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101431>

Diseño y validación de un instrumento de medición para los factores que influyen en la implementación de Industria 4.0

Design and Validation of a Measurement Instrument for Factors Influencing Industry 4.0 Implementation

Xóchitl Graciela Aguilar Rivas

Tecnológico Nacional de México/I. T. De Cd. Juárez

<https://orcid.org/0009-0002-2281-1114>

xochitl.ar01@cdjuarez.tecnm.mx

Luz Angélica Aguilar Chávez

Tecnológico Nacional de México/I. T. De Cd. Juárez

<https://orcid.org/0009-0000-5700-6399>

luz.ac01@cdjuarez.tecnm.mx

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Tecnológico Nacional de México/I. T. De Cd. Juárez

<https://orcid.org/0000-0003-1676-0664>

manuel.rm1@cdjuarez.tecnm.mx

Jorge Adolfo Pinto Santos

Tecnológico Nacional de México/I. T. De Cd. Juárez

<https://orcid.org/0000-0001-9614-2764>

jorge.ps@cdjuarez.tecnm.mx

Resumen

Este escrito tiene como finalidad proponer un instrumento de medición para evaluar los factores clave que influyen en la implementación de la “*Industria 4.0*”, así como también su proceso de validación por juicio de expertos. Esta implementación integra varias tecnologías avanzadas que permiten transformar los procesos productivos en modelos más eficientes, sin embargo, su implementación enfrenta desafíos relacionados a factores tecnológicos organizativos, económicos y humanos, con base en esto se establecieron tres dimensiones para el instrumento las cuales son: organización, procesos y tecnologías. Este instrumento se diseñó con 15 ítems, el cual fue sometido a un riguroso proceso de validación; donde se incluyó un proceso de validez de contenido mediante el juicio de cuatro expertos, alfa de Cronbach y los índices de validez global. Se obtuvieron un índice de validez global del 0.79 y un alfa de Cronbach de 0.955. Estos resultados confirmaron que el instrumento es válido y consistente para medir los factores críticos de éxito en la implementación de la “*Industria 4.0*”. Por consiguiente, se concluye que este estudio proporciona una herramienta práctica para las empresas que buscan diagnosticar y optimizar su transición hacia un modelo industrial inteligente, en el ámbito de transformación digital.

Palabras clave: Industria 4.0, Instrumento, Expertos, Validación, Alfa de Cronbach.

Abstract

The purpose of this paper is to propose a measurement instrument to evaluate the key factors that influence the implementation of Industry 4.0, as well as its validation process by expert judgment. This implementation integrates several advanced technologies that allow transforming production processes into more efficient models; however, its implementation faces challenges related to organizational, economic and human technological factors, based on these three dimensions were defined: organization, processes, and technologies. This instrument was designed with 15 items, which was subjected to a rigorous validation process, which included a content validity process through the judgment of 4 experts, Cronbach's alpha and the global validity index. The results showed a global validity index of 0.79 and a Cronbach's alpha of 0.955, these results confirmed that the instrument is valid and consistent to measure the critical success factors in the implementation of Industry 4.0. Therefore, it is concluded that this study provides a practical tool for companies seeking to diagnose and optimize their transition to a smart industrial model, in the field of digital transformation.

Key words: Industry 4.0, Instrument, Experts, Validation, Cronbach's alpha.

Introducción

1.1 Instrumentos de medición

Desde la antigüedad, las pruebas de instrumentos de medición han jugado un papel de gran relevancia en la evolución de la ciencia y la ingeniería. Desde la revolución industrial, la precisión y confiabilidad de las mediciones han sido esenciales para el desarrollo tecnológico y la innovación industrial (Batista y Noronha, 2018).

Los estándares y métodos de validación se crean para satisfacer la necesidad de asegurar la exactitud de información. Estos métodos son esenciales para la eficiencia de los procesos de fabricación. Con la llegada de la *“Industria 4.0”*, la cual se caracteriza por la automatización y la conectividad mejorada, la importancia de una validación de los instrumentos de medición ha aumentado significativamente (Lasi et al., 2014).

En este contexto la precisión de las mediciones no sólo afecta a la calidad del producto final, sino que también afecta a la toma de decisiones y a la optimización de métodos mediante el análisis de grandes cantidades de datos. Cuando se habla de herramientas de medición, nos referimos a herramientas como cuestionarios, encuestas, entrevistas, o pruebas que nos permitan cuantificar o describir algún hecho o fenómeno relevante (Hernández y Barrera, 2018). El diseño de instrumentos de medición es un procedimiento importante en la investigación científica y social. Su objetivo es garantizar que se obtengan datos válidos y confiables para que las preguntas de la investigación puedan responderse con precisión. Es necesario no sólo desarrollar, sino también probar su efectividad (Ramírez, 2019).

1.2 Validación de instrumentos de medición

La validación de instrumentos de medición como los cuestionarios es una práctica importante para certificar la confiabilidad de los datos. Desde sus inicios, el desafío ha sido garantizar que las

herramientas utilizadas para medir sean precisas, consistentes y apropiadas sin importar el contexto en el que se utilizan (Hair y Ortinau, 2004).

Otro contexto además de la ingeniería es en la gestión organizacional, los instrumentos de medición son la herramienta clave para recopilar datos e información sobre factores tanto cualitativos como cuantitativos, tales como percepciones, actitudes y capacidades organizacionales.

Este procedimiento asegura que los instrumentos utilizados para medir una variable en particular sean válidos y confiables, lo que significa que realmente miden lo que pretenden medir y lo hacen de manera consistente. El juicio de expertos es esencial para validar el contenido de un instrumento de medición.

Según Martini (2024) validar un instrumento de medición mediante evaluación de expertos implica evaluar la idoneidad del instrumento a través de la opinión de expertos. Este proceso garantizará que el instrumento refleje la precisión y la estructura que pretende medir. Para que la validez de contenido se base en el juicio de expertos, es necesario integrar métodos cualitativos y enfatizar la importancia del informe sistemáticos, así como la trazabilidad, mediante el desarrollo de herramientas para buscar confusión entre temas. (Maldonado y Santoyo, 2024).

Existen diferentes campos en los que se aplica la validación de instrumentos por juicio de expertos que van desde un cuestionario para medir el conocimiento de los padres sobre cardiopatías congénitas, como lo presenta Yuquilema et al. (2022) hasta instrumentos no tan complejos que miden el consumo de sal en las personas, en este último para validarlos se presenta la técnica de la V de Aiken, la cual se usa para medir la concordancia y confirmar la claridad del instrumento (Torres et al., 2024).

1.3 Métodos estadísticos para validar instrumentos de medición

En las últimas décadas la validación de instrumentos de medición ha evolucionado desde un proceso empírico básico hasta un enfoque sólido en el cual actualmente se utilizan técnicas estadísticas.

Los estudios iniciales se centraban únicamente en pruebas de estabilidad interna, como el coeficiente de Cronbach, para determinar si los elementos del instrumento de medición medían consistentemente un *constructo*. Sin embargo, investigaciones recientes han amplificado este enfoque al combinar técnicas de modelado de ecuaciones estructurales (SEM) y el análisis factorial confirmatorio (AFC) para evaluar la validez de *constructo* y la confiabilidad del instrumento (Byrne y Van de Vijver, 2017)

En el contexto de la validación de instrumentos para la “*Industria 4.0*”, la complejidad de fenómenos mensurables como la adopción de tecnología, las capacidades digitales y la voluntad de cambiar requieren herramientas apropiadas para dicha tecnología (Schumacher et al., 2016).

Los instrumentos elaborados con este fin deben validarse en términos de calidad de contenido, criterio y *constructo*, así como de consistencia interna y estabilidad temporal. Estudios recientes han demostrado la importancia de seguir un proceso sistemático en la validación de instrumentos, este proceso deberá incluir una definición clara de constructos teóricos, un diseño basado

en la literatura existente, la revisión de expertos, pruebas piloto y análisis riguroso. Por ejemplo, Hair y Ortinau (2004) propusieron un enfoque de varios pasos para garantizar que el instrumento de medición no solo sea estadísticamente válido, sino también práctico y relevante para el contexto donde se aplique.

La validación por juicio de expertos es un método ampliamente utilizado para garantizar la calidad, claridad del tema y la relevancia como lo proponen Polit y Beck (2006) donde miden estos tres criterios en un *constructo* propuesto. Escobar & Cuervo (2008) propusieron seguir un enfoque estructurado, que incluya la definición de criterios de evaluación, la compilación de opiniones y la observación de los resultados utilizando métodos estadísticos y métodos cualitativos.

Un proceso clave en esta metodología es la selección de expertos, identificar y seleccionarlos en base a ciertos criterios como su experiencia profesional, su conocimiento en el campo de estudio específico. Según Mendoza et al. (2019) el tamaño ideal del equipo es de entre 5 a 10 expertos dependiendo de la complejidad de la herramienta y los recursos disponibles, también es importante un rol jerárquico. Para recopilar las opiniones de los expertos es necesario utilizar un instrumento llamado matriz de evaluación diseñada específicamente para evaluar la idoneidad, la claridad y la coherencia de los ítems del instrumento. Una técnica sencilla utilizada es el índice de validez de contenido (CVI) propuesta por Lawshe en 1975, que calcula la proporción de expertos que creen que cada ítem es apropiado para medir el *constructo*.

Los trabajos recientes sobre validación enfatizan en la importancia de la especificidad cultural y organizacional en la validación de instrumentos específicos en un sector. En el caso de “*Industria 4.0*” existen diferencias significativas entre industrias, por lo tanto, un instrumento que se aplique en este contexto deberá incluir adaptaciones en función a las necesidades locales y del entorno operativo (Qin y Grosvenor, 2016).

Algunos métodos estadísticos para analizar los resultados, e interpretar las respuestas de los expertos son:

- El CVI es donde cada ítem se califica y se promedia para determinar la validez del instrumento, generalmente se consideran aceptables valores superiores a 0.78 (Lawshe, 1975)
- Coeficiente de Kendall (W), este mide el grado de acuerdo entre expertos y ayuda a comprobar la coherencia de la evaluación (Shrotryia & Dhanda , 2019)
- Método *Delphi*, este se trata de un proceso iterativo en el que los expertos utilizan la herramienta de múltiples rondas, para alcanzar un consenso (Hasson et al., 2000)
- Alfa de Cronbach, es el promedio de las correlaciones entre los ítems que hacen parte de un instrumento (Oviedo y Campo-Arias, 2005, p. 574).

La validación de instrumentos de medición es una tarea importante para avalar la eficacia de los datos de investigación, así como de la precisión de los resultados. En la era de la digitalización la validación juega un papel aún más importante a la hora de estudiar casos muy complejos o dinámicos, el desarrollo de instrumentos apropiados seguirá siendo un desafío importante en el campo de “*Industria 4.0*”.

Materiales y métodos

2.1 Instrumento de medición

El instrumento de medición consta de 15 ítems diseñados para evaluar los factores que tuvieron en cuenta algunas empresas que están en el proceso de ejecución de “*Industria 4.0*”.

2.2 Método de validación

Este trabajo valida un instrumento de medición mediante la técnica de juicio de expertos, técnica fundamentada en el uso del coeficiente alfa de Cronbach. La construcción de conocimiento empírico, el cual se basa en el contexto para que se lleven a cabo más pruebas durante el proceso de evaluación según Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008). Se plantea que, a través del juicio de expertos, es posible determinar la variación en el nivel de significancia y la relación entre las dimensiones del instrumento – organización, tecnología y procesos – en función de los factores que influyen en la implementación de la “*Industria 4.0*”. Contreras et al. (2020) describen las propiedades y características de las variables con el propósito evidenciar las relaciones entre las dimensiones, garantizando una evaluación más rigurosa y fundamentada de los factores en cuestión.

2.3 Matriz de dimensiones

Después de una revisión de literatura se llegó a la conclusión que serían tres constructos, utilizando una matriz de comparación, para delimitar las dimensiones y lo que se pretendía medir, como lo muestra la Tabla 1 en la primera columna se encuentran las características de “*Industria 4.0*” que se contraponen con las dimensiones a medir.

Tabla 1. Matriz de Dimensiones.

Características	Proceso	Organización	Tecnología
Conectividad	La conectividad optimiza los flujos de trabajo integrando las etapas del proceso productivo.	Facilita la comunicación fluida entre departamentos y unidades operativas.	Se basa en IoT para conectar máquinas, sensores y sistemas en tiempo real.
Automatización avanzada	La automatización acelera tareas repetitivas, mejorando la eficiencia de los procesos	Reorganiza los roles laborales para priorizar la supervisión estratégica.	Incluye robots colaborativos y sistemas de inteligencia artificial avanzados.
Ánalisis de datos	El análisis de datos ajusta los procedimientos que intervienen en la toma de decisiones.	Ayuda a las organizaciones a tomar decisiones instruidas con base en tendencias.	Utiliza Big data y aprendizaje automático para convertir datos en conocimiento.
Personalización masiva	La personalización masiva adapta los procesos para satisfacer necesidades individuales.	Transforma la relación con los clientes, ofreciendo soluciones personalizadas.	Emplea impresión 3D y herramientas de diseño asistido por computadora
Integración horizontal y vertical	La integración conecta las etapas del proceso productivo en toda la cadena de suministro	Coordinan métodos internos y externos de la organización.	Implementa ERP y plataformas digitales para coordinar y compartir información

Nota. Elaboración propia, con información de *Principios de diseño para escenarios de la Industria 4.0*, por Hermann et al. (2016).

Resultados

3.1 Diseño del instrumento de medición

Al llevar a cabo una previa revisión de literatura sobre la “*Industria 4.0*” en algunas empresas, se encontró que al momento del proceso de implementar se tiene que cuidar el uso de la tecnología según Pallarés (2020) el proceso de implementación tiene que ser de forma progresiva por lo cual se diseñó como se muestra en la Tabla 2 donde se puede observar qué mide en cada dimensión.

Tabla 2. Ítems del Instrumento de Medición por Dimensión.

Dimensión	Ítem
I. Procesos	¿El internet es el medio más utilizado para mantener la comunicación con los proveedores de la empresa?
	¿En la gestión de la materia prima, material y recursos se utilizan sensores o lectores de códigos, para su manejo y almacenamiento?
	¿La empresa integra en las preferencias del cliente en tiempo real en el proceso de diseño y producción mediante la tecnología?
	¿La empresa establece medidas y políticas que ayudan a mejorar el nivel operacional o la estrategia comercial?
II. Tecnología	¿La empresa lleva a cabo operaciones electrónicas (cotizaciones, pagos, facturación, etc.)?
	¿La empresa cuenta con infraestructura informática de gama alta, (robots, maquinaria digital, servidores, etc.)?
	¿La empresa cuenta con un sistema informático que permite administrar y gestionar todas las operaciones de forma integral?
	¿Cuándo se diseña un producto nuevo la empresa utiliza tecnologías emergentes (como IA, IoT, realidad aumentada, impresión 3D, etc.)?
	¿La empresa ha realizado innovaciones en equipos o procesos?
III. Organización	¿La empresa aplica medidas de ciberseguridad para proteger sus sistemas digitales y la información sensible?
	¿La empresa fomenta el uso de soluciones creativas e innovadoras para enfrentar los desafíos que surgen en las operaciones, por medio de programas de capacitación o espacios de colaboración?
	¿El nivel educativo del personal es un factor determinante para el crecimiento profesional dentro de la empresa?
	¿La empresa impulsa al personal al uso de nuevas tecnologías, ya sea mediante el desarrollo de competencias o el fortalecimiento de las habilidades?
	¿La empresa ha implementado mejoras en las instalaciones para optimizar los flujos de trabajo o la producción?
	¿La empresa adopta la manufactura bajo demanda (<i>on-demand manufacturing</i>) para reducir inventarios y costos?

Nota. Las preguntas que conforman cada dimensión fueron elaboradas de acuerdo a los factores que el instrumento pretende medir, elaboración propia.

Posteriormente se presenta el formato de aplicación, en donde se presentan las dimensiones y los criterios para evaluar, en la Figura 1 se muestra la escala de Likert incorporada, donde se manejó una puntuación de Nunca = 1, Casi nunca = 2, En ocasiones = 3, Casi siempre = 4 y Siempre = 5.

Figura 1 *Instrumento de Medición con Escala para Aplicación*

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
EVALUACIÓN PARA DETERMINAR LOS FACTORES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0

DIMENSIÓN	NO	REACTIVO	SIEMPRE	CASI SIEMPRE	EN OCASIONES	CASI NUNCA	NUNCA
PROCESOS	1	¿El internet es el medio más utilizado para mantener la comunicación con los proveedores de la empresa?					
PROCESOS	2	¿En la gestión de la materia prima, material y recursos se utilizan sensores o lectores de códigos, para su manejo y almacenamiento?					
TECNOLOGÍA	3	¿La empresa lleva a cabo operaciones electrónicas (cotizaciones, pagos, facturación, etc.)?					
TECNOLOGÍA	4	¿La empresa cuenta con infraestructura informática de gama alta, (robots, maquinaria digital, servidores, etc.)?					
TECNOLOGÍA	5	¿La empresa cuenta con un sistema informático que permite administrar y gestionar todas las operaciones de forma integral?					
PROCESOS	6	¿La empresa establece medidas y políticas que ayudan a mejorar el nivel operacional o la estrategia comercial?					
ORGANIZACIÓN	7	¿La empresa fomenta el uso de soluciones creativas e innovadoras para enfrentar los desafíos que surgen en las operaciones, por medio de programas de capacitación o espacios de colaboración?					
TECNOLOGÍA	8	¿La empresa ha realizado innovaciones en equipos o procesos?					
ORGANIZACIÓN	9	¿El nivel educativo del personal es un factor determinante para el crecimiento profesional dentro de la empresa?					
ORGANIZACIÓN	10	¿La empresa impulsa al personal al uso de nuevas tecnologías, ya sea mediante el desarrollo de competencias o el fortalecimiento de las habilidades?					
TECNOLOGÍA	11	¿Cuándo se diseña un producto nuevo la empresa utiliza tecnologías emergentes (como IA, IoT, realidad aumentada, impresión 3D, etc.)?					
TECNOLOGÍA	12	¿La empresa aplica medidas de ciberseguridad para proteger sus sistemas digitales y la información sensible?					
ORGANIZACIÓN	13	¿La empresa ha implementado mejoras en las instalaciones para optimizar los flujos de trabajo o la producción?					
ORGANIZACIÓN	14	¿La empresa adopta la manufactura bajo demanda (<i>on-demand manufacturing</i>) para reducir inventarios y costos?					
PROCESOS	15	¿La empresa integra en las preferencias del cliente en tiempo real en el proceso de diseño y producción mediante la tecnología?					

Nota. A cada ítem se le agregó una escala para la aplicación que va del 1 al 5, elaboración propia.

3.2 Validación por juicio de expertos

En la siguiente fase se diseñó el formato para el grupo de expertos en la Figura 2 que validaron el instrumento de medición, este formato consta de cuatro bloques, el primero contiene los criterios de coherencia, suficiencia, claridad y relevancia. Los otros tres bloques corresponden a las dimensiones que se medirán. Esto facilitará el llenado por parte del evaluador y el tratamiento de la información será mucho más práctica de obtener.

Figura 2 Formato para Validación por Juicio de Expertos
FORMATO DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS

Nombre: Nivel académico: Puesto:		Empresa: Correo electrónico: Tiempo en el puesto:				
DIMENSIÓN	ÍTEM	SUFICIENCIA	COHERENCIA	RELEVANCIA	CLARIDAD	OBSERVACIONES
PROCESOS	¿El internet es el medio más utilizado para mantener la comunicación con los proveedores de la empresa?					
	¿En la gestión de la materia prima, material y recursos se utilizan sensores o lectores de códigos, para su manejo y almacenamiento?					
	¿La empresa establece medidas y políticas que ayudan a mejorar el nivel operacional o la estrategia comercial?					
	¿La empresa integra en las preferencias del cliente en tiempo real en el proceso de diseño y producción mediante la tecnología?					
TECNOLOGÍA	¿La empresa lleva a cabo operaciones electrónicas (cotizaciones, pagos, facturación, etc.)?					
	¿La empresa cuenta con infraestructura informática de gama alta, (robots, maquinaria digital, servidores, etc.)?					
	¿La empresa cuenta con un sistema informático que permite administrar y gestionar todas las operaciones de forma integral?					
	¿La empresa ha realizado innovaciones en equipos o procesos?					
	¿Cuando se diseña un producto nuevo la empresa utiliza tecnologías emergentes (como IA, IoT, realidad aumentada, impresión 3D, etc.)?					
	¿La empresa aplica medidas de ciberseguridad para proteger sus sistemas digitales y la información sensible?					
ORGANIZACIÓN	¿La empresa fomenta el uso de soluciones creativas e innovadoras para enfrentar los desafíos que surgen en las operaciones, por medio de programas de capacitación o espacios de colaboración?					
	¿El nivel educativo del personal es un factor determinante para el crecimiento profesional dentro de la empresa?					
	¿La empresa impulsa al personal al uso de nuevas tecnologías, ya sea mediante el desarrollo de competencias o el fortalecimiento de las habilidades?					
	¿La empresa ha implementado mejoras en las instalaciones para optimizar los flujos de trabajo o la producción?					
	¿La empresa adopta la manufactura bajo demanda (on-demand manufacturing) para reducir inventarios y costos?					

Nota. Sólo se presentan dos bloques del formato de validación que se presentó a los expertos, elaboración propia.

3.3 Análisis de índices de validez

González (2011) propone una metodología en tres fases, ya que toma las fórmulas para calcular la validez de contenido para cada ítem y posteriormente el índice de validez global del instrumento, estas fórmulas son tomadas de Lawshe.

La ecuación para el cálculo de validez de contenido para cada ítem es:

$$CVR = \frac{n}{N} \quad (1)$$

La ecuación para el cálculo de validez de contenido global del instrumento es:

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^M CVR_i}{M} \quad (2)$$

Lo anterior se puede interpretar de la siguiente manera: $CVR_i < 0.60$ = Validez y concordancia inaceptables; $0.70 \geq CVR_i \geq 0.60$ y = Validez y concordancia deficientes; $0.80 \geq CVR_i > 0.71$ y = Validez y concordancia aceptables; $0.90 \geq CVR_i > 0.81$ y = Validez y concordancia buenas y $CVR_i > 0.90$ = Validez y concordancia excelentes.

En la Tabla 3 se pueden observar los valores del ítem 04, ítem 08, ítem 13 e ítem 14, tienen una validez de concordancia deficientes, es decir si los eliminamos del instrumento el valor del índice global de validez aumentará a más de 0.797049., esto según González (2011).

Tabla 3. Validez y concordancia.

	E1	E2	E3	E4	S _x	M _x	CVR	P _{error}	CVR _i
Ítem01	13	12	11	14	50	3.571429	0.892857	0.003906	0.888951
Ítem02	11	14	12	15	52	3.466667	0.866667	0.003906	0.862760
Ítem03	13	16	16	16	61	3.812500	0.953125	0.003906	0.949219
Ítem04	12	13	4	16	45	2.812500	0.703125	0.003906	0.699219*
Ítem05	11	13	13	13	50	3.846154	0.961538	0.003906	0.957632
Ítem06	10	12	8	15	45	3.000000	0.750000	0.003906	0.746094
Ítem07	14	16	8	15	53	3.312500	0.828125	0.003906	0.824219
Ítem08	14	8	4	16	42	2.625000	0.656250	0.003906	0.652344*
Ítem09	12	12	7	13	44	3.384615	0.846154	0.003906	0.842248
Ítem10	13	11	7	16	47	2.937500	0.734375	0.003906	0.730469
Ítem11	15	12	4	16	47	2.937500	0.734375	0.003906	0.730469
Ítem12	13	11	11	16	51	3.187500	0.796875	0.003906	0.792969
Ítem13	13	8	8	16	45	2.812500	0.703125	0.003906	0.699219*
Ítem14	13	12	4	16	45	2.812500	0.703125	0.003906	0.699219*
Ítem15	13	12	10	11	46	3.538462	0.884615	0.003906	0.880709

Nota. En la tabla se observan las puntuaciones que otorgaron los expertos en cuanto a validez y concordancia, elaboración propia.

*Ítems con valores < 0.70, son los que se pueden eliminar del instrumento.

3.4 Ensayo piloto y análisis de confiabilidad

Se llevo a cabo un ensayo piloto con 10 encuestas, con el instrumento para validar, se aplicó a diez alumnos de TECNM de Cd. Juárez, alumnos que actualmente desempeñan cargos en empresas del sector manufacturero. A continuación, en la Tablas 4 y 5 se presenta el procesamiento de los resultados obtenidos, comenzando por el procesamiento de los casos y las estadísticas de elemento en el software SPSS.

Tabla 4. Casos Válidos en la Prueba Piloto del Instrumento.

Casos	N	%
Válido	10	100.0
Excluido	0	.0
Total	10	100.0

Nota. Se proceso la aplicación del instrumento, sin excluir ningún dato, elaboración propia.

Tabla 5. Media y Desviación por ítem.

	Media	Desviación
ítem 01	4.50	.527
ítem 02	4.20	1.135
ítem 03	4.60	.966
ítem 04	3.70	1.160
ítem 05	4.20	.789
ítem 06	3.60	.843
ítem 07	4.20	.919
ítem 08	3.70	.949
ítem 09	3.10	1.197
ítem 10	3.00	1.247
ítem 11	3.20	1.229
ítem 12	3.70	1.337
ítem 13	3.90	1.101
ítem 14	4.10	.994
ítem 15	4.10	.876

Nota. Elaboración propia.

El análisis de confiabilidad (Tabla 6) mostró valores mayores a 0.70 para todos los ítems incluidos en el instrumento, lo que hace innecesario la eliminación de algún ítem (George y Mallery, 2003). Estos resultados confirman la consistencia interna del instrumento, evidenciada por la aportación de cada ítem al instrumento en su conjunto. (Streiner, 2003)

Tabla 6. Resumen por ítem.

	Media de escala	Varianza de escala	Correlación total	Alfa de Cronbach
ítem 01	53.30	137.122	0.891	0.952
ítem 02	53.60	127.156	0.779	0.951
ítem 03	53.20	137.067	0.460	0.957
ítem 04	54.10	126.100	0.805	0.950
ítem 05	53.60	133.822	0.765	0.952
ítem 06	54.20	131.733	0.824	0.950
ítem 07	53.60	128.933	0.892	0.949
ítem 08	54.10	132.544	0.685	0.953
ítem 09	54.70	125.344	0.807	0.950
ítem 10	54.80	125.289	0.772	0.951
ítem 11	54.60	124.933	0.799	0.950
ítem 12	54.10	127.433	0.635	0.955
ítem 13	53.90	125.656	0.873	0.949
ítem 14	53.70	129.567	0.788	0.951
ítem 15	53.70	132.678	0.741	0.952

Nota. Elaboración propia.

El valor del alfa de Cronbach es de 0.955 para el instrumento, los valores indicaron una alta confiabilidad del instrumento. De acuerdo a George y Mallery (2003) un alfa de Cronbach con este rango se clasifica como excelente, es decir el instrumento de medición cuenta con una excelente consistencia interna.

Conclusiones

Los resultados obtenidos confirman que el instrumento para medir los factores de implementación “*Industria 4.0*”, es válido y confiable, ya que al valorar la dimensión en que los ítems del instrumento están relacionados, se obtuvo un alfa de Cronbach excelente y un índice de validez global por encima del 0.70, medidas que evalúan además la consistencia interna.

El coeficiente de Cronbach es confiable cuando se utiliza en una escala de veinte o menos ítems según Oviedo y Campo-Arias (2005). Al mostrar una alta confiabilidad se asume que esta herramienta cumple con su propósito de medición, tal como lo señala su diseño, la medición es confiable porque existe correlación entre los criterios (Ibarra y Segredo, 2018, p. 24).

El instrumento tiene el propósito de identificar, examinar y estimar los factores, por eso al validar este instrumento, permitirá a los responsables del proceso de implementación de la “*Industria 4.0*” realizar un monitoreo más eficiente y basado en evidencias. A partir de estos hallazgos, se recomienda su aplicación en estudios futuros para evaluar la evolución de la “*Industria 4.0*” en distintos sectores productivos, así como su adaptación a nuevos contextos tecnológicos. También se sugiere realizar análisis complementarios que permitan fortalecer la validez externa del instrumento, para poder garantizar su aplicabilidad en diferentes entornos organizacionales.

La validación del instrumento contribuye al desarrollo de metodologías más estructuradas para evaluar la transición hacia la “*Industria 4.0*”, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la innovación tecnológica y la digitalización de procesos industriales.

Líneas futuras de investigación

Este trabajo se continuará con la aplicación del instrumento, usando el instrumento en más estudiantes de nivel licenciatura y posgrado del TECNM Cd. Juárez que se encuentren trabajando en empresas, donde se implemente “*Industria 4.0*”, en cualquiera de sus elementos; para que de esta forma se puedan establecer los factores que deben monitorearse en dicho proceso de implementación. Se llevará a cabo un análisis de funcionalidad de herramientas estadísticas, con la finalidad de mejorar el proceso de implementación de “*Industria 4.0*”.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del Tecnológico Nacional de México a través de la convocatoria 2024 “Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación”. Iniciativa donde el TecNM reafirma su compromiso de apoyar e impulsar la investigación y la innovación, consolidándose como una institución que además de formar profesionales, también genera conocimientos que aportan al desarrollo tecnológico y social de México.

Bibliografía

- Batista, H. H. V., & Noronha, A. P. P. (2018). Instrumentos de autorregulación emocional: una revisión de literatura. *Avaliação Psicológica*, 17 (3), 389-398. <https://doi.org/10.15689/ap.2018.1703.15643.12>.
- Byrne, B. M., & Van de Vijver, F. J. (2017). The maximum likelihood alignment approach to testing for approximate measurement invariance: A paradigmatic cross-cultural application. *Psicothema*, 29(4), 539-551. <https://www.psicothema.com/pii?pii=4433>
- Contreras, L. E., Fuentes, H. J., & Rodríguez, J. I. (2020). Predicción del rendimiento académico como indicador de éxito/fracaso de los estudiantes de ingeniería, mediante aprendizaje automático. *Formación universitaria*, 13(5), 233-246. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000500233>
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27-36.
- George, D., & Mallory, P. (2003). *SPSS para Windows paso a paso: una guía y referencia sencilla* (4.ª ed.). Allyn y Bacon.
- González Ortega, Y. (2011). Diseño, validez y confiabilidad del instrumento de observación" indicadores de pericia de la enfermera". *Enfermería universitaria*, 8(1), 41-48.
- Hair, J., Bush, R. & Ortinau, D. (2004). Investigación de mercados. México: McGraw Hill
- Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of advanced nursing*, 32(4), 1008-1015. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2000.t01-1-01567.x>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design principles for industrie 4.0 scenarios. [Ponencia]. *49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* IEEE. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>
- Hernández, H. A., & Barrera, A. E. P. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *RIAA*, 9(1), 5. <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>
- Ibarra-Piza, S., Segredo-Santamaría, S., Juárez-Hernández, L. G., & Tobón, S. (2018). Estudio de validez de contenido y confiabilidad de un instrumento para evaluar la metodología socioformativa en el diseño de cursos. *Revista espacios*, 39(53).
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6, 239-242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Martini-Blanquel, H. A. (2024). Validación de instrumentos clínicos: aspectos esenciales. *Atención Familiar*, 31(3), 185-192. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=116913>
- Maldonado-Suárez, N., & Santoyo-Telles, F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: Integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 17(2). <https://doi.org/10.1344/reire.46238>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 348-360. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>

- Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista colombiana de psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Pallarés Martínez, V. (2020). Implementación de la Industria 4.0 en PYMES del sector productivo. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/142963>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in nursing & health*, 29(5), 489-497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, 52, 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Ramírez, J. L. M. (2019). El proceso de elaboración y validación de un instrumento de medición documental. *Acción y reflexión educativa*, (44), 50-63. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/226/226955004/index.html>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 52, 161-166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Shrotryia, V. K., & Dhanda, U. (2019). Content validity of assessment instrument for employee engagement. *Sage Open*, 9(1), 2158244018821751. <https://doi.org/10.1177/21582440188217>
- Streiner, DL (2003). Empezando por el principio: Una introducción al coeficiente alfa y la consistencia interna. *Journal of Personality Assessment*, 80 (1), 99-103. https://doi.org/10.1207/S15327752JPA8001_18
- Torres-Malca, J. R., Vera-Ponce, V. J., Zuzunaga-Montoya, F. E., Talavera, J. E., La Cruz-Vargas, D., & Jhony, A. (2022). Content validity by expert judgment of an instrument to measure knowledge, attitudes and practices about salt consumption in the peruvian population. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, 22(2), 9. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v22i2.4768>.
- Yuquilema Cortez, M. B., León Miski, M. A., Villafuerte Fernández, A. A., & Salas Alvarado, J. A., (2022). Validación del instrumento para determinar el nivel de conocimiento que tienen los padres sobre cardiopatía congénita. *Más Vita*, 4(3), 406–417. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0160>

Aplicación de IA en la educación superior

AI application in higher education

Blanca Margarita Aguilar Rodríguez

Instituto Tecnológico de Mexicali

margaritaaguilar@mexicali.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0008-8498-2262>

Elizabeth Mora Moreno

Instituto Tecnológico de Mexicali

elizabethmora@itmexicali.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1831-948>

Alma Yesenia González Meza

Instituto Tecnológico de Mexicali

ygonzalez@mexicali.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-4857-9578>

Resumen

Este estudio se llevó a cabo con docentes del Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM) para analizar cómo se está integrando la inteligencia artificial (IA) en sus prácticas docentes, evaluando su impacto. En el contexto de la educación superior, donde la tecnología transforma los métodos de enseñanza, esta investigación busca comprender el uso actual de la IA y sus aplicaciones. El objetivo principal fue evaluar el nivel de conocimiento, las aplicaciones prácticas y las actitudes hacia la IA entre los docentes, además de explorar las áreas de capacitación necesarias para su adopción efectiva. La investigación empleó una metodología de estudio de caso, utilizando encuestas aplicadas al 65% de los docentes de tiempo completo del programa de Ingeniería Industrial del ITM. El análisis se centró en cuatro categorías clave: conocimientos básicos, uso actual, percepciones y actitudes, y necesidades de capacitación. Los hallazgos revelaron que la mayoría de los docentes posee un conocimiento intermedio de la IA, aunque su aplicación se limita principalmente a tareas operativas como la creación de contenido y la calificación de exámenes. Perciben un impacto positivo de la IA en la enseñanza, aunque también señalan preocupaciones relacionadas con la dependencia tecnológica y la precisión de las respuestas generadas, es decir, que los estudiantes prefieran y confíen en las informaciones que puedan obtener de las aplicaciones de IA presentándola como el resultado final de una tarea y no como herramienta de apoyo para en el desarrollo de una actividad donde debería de argumentar desde su propia perspectiva.

En términos duros, el 86% de los encuestados expresó interés en recibir capacitación específica, para enfrentar el desafío de integrar tecnologías avanzadas para mantenerse relevantes y preparar a los estudiantes, como lo señala la UNESCO (2024). En conclusión, aunque la IA tiene un gran potencial para transformar la educación superior, su implementación en el ITM sigue siendo limitada y enfrenta desafíos técnicos y éticos. Estos hallazgos subrayan la importancia de una capacitación específica y una planificación estratégica para aprovechar al máximo sus capacidades en el ámbito académico.

Palabras clave: Inteligencia artificial (IA); educación superior; práctica docente.

Abstract

This study was conducted with members from the Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM) to analyze how artificial intelligence (AI) is being integrated into their teaching practices, and evaluating its impact and identifying existing barriers. In the context of higher education, where technology is transforming teaching methods, this research aims to understand the current use of AI, its applications, and challenges. The primary objective was to assess the level of knowledge, practical applications, and attitudes toward AI among educators, while also exploring the areas of training required for effective adoption. The study employed a case study methodology, utilizing surveys administered to 65% of the full-time faculty in the Industrial Engineering program at ITM.

The analysis focused on four key categories: basic knowledge, current usage, perceptions and attitudes, and training needs. The findings revealed that most faculty members possess an intermediate understanding of AI, yet its application is predominantly limited to operational tasks such as content creation, and exam grading. While educators generally perceive a positive impact of AI on teaching, concerns were expressed about technological dependency and the accuracy of AI-generated responses. Furthermore, 86% of participants expressed a strong interest in receiving specialized training. In conclusion, although AI holds significant potential for positively transforming higher education, its implementation at ITM remains limited and faces technical and ethical challenges. These findings underscore the importance of targeted training and strategic planning to fully leverage AI's capabilities in academic settings.

Keywords: Artificial intelligence (AI); higher education; teaching practice.

Introducción

La interacción de la inteligencia artificial (IA) con la educación superior y la práctica docente está transformando de manera significativa los métodos de enseñanza y aprendizaje. La implementación de tecnologías avanzadas, como los sistemas de IA, ha abierto nuevas oportunidades para mejorar la calidad educativa, optimizar la gestión académica y personalizar el aprendizaje.

Este marco teórico tiene como objetivo explorar los conceptos de IA, educación superior y práctica docente, así como la relación entre ellos, para proporcionar un contexto amplio sobre cómo la tecnología está remodelando el panorama educativo contemporáneo.

Antecedentes de la IA

Turing era un matemático británico, fue uno de los grandes pioneros de la inteligencia artificial, quien desarrolló el concepto de la máquina de Turing, un modelo matemático que dio forma a lo que hoy conocemos como computadoras. En 1936, imaginaba una computadora que resolviera cualquier problema traducido a expresiones matemáticas y luego reducido a una cadena de operaciones lógicas con números binarios, en las que solo cabían dos decisiones: verdadero o falso. Se trataba de reducir cifras, letras, imágenes, sonidos a unos y ceros y usar un programa para resolver los problemas en pasos muy simples.

En 1950 publicó el artículo "Computing Machinery and Intelligence". En este plantea la prueba de Turing para determinar si una máquina puede exhibir comportamientos inteligentes similares a los humanos.

En ese mismo período, Neumann presentó un rol clave al aportar a la arquitectura de las computadoras modernas el que pudieran procesar información de manera más eficiente impactando en el desarrollo de la IA.

Newell y Simon crearon el Logic Theorist, uno de los primeros programas de IA, diseñado para resolver teoremas matemáticos, el cual sentó las bases para posteriores desarrollos en materia de IA.

Durante esa época también aparece la IA simbólica, basada en representar el conocimiento a través de símbolos y reglas lógicas; además se desarrollaron programas capaces de jugar ajedrez y resolver problemas sencillos de matemáticas, y con estos avances se vislumbraba el potencial de las máquinas de Turing.

Inteligencia Artificial (IA): el concepto

La inteligencia artificial (IA) se refiere a la capacidad de las máquinas o computadoras para imitar procesos mentales humanos, como la toma de decisiones y la resolución de problemas. Esta tecnología ya se ha integrado en la educación superior de diversas maneras. En los campus universitarios, se utiliza para personalizar el aprendizaje, ofrecer asistencia mediante virtual assistants y chatbots, analizar el rendimiento académico, calificar tareas, traducir idiomas, crear contenidos y programas de estudio, y hasta en la investigación y los procesos de admisión. La IA está transformando la educación superior, trayendo consigo tanto retos como oportunidades que vale la pena explorar para entender su impacto en el futuro del aprendizaje y la enseñanza de acuerdo a EDUCAUSE (2025).

Según McCarthy et al. (2006), la IA se relaciona con la simulación de procesos de inteligencia humana mediante la programación de algoritmos y sistemas computacionales. Estos sistemas están diseñados para aprender de los datos, adaptarse a nuevas situaciones y tomar decisiones autónomas. La IA abarca una variedad de subcampos tales como: el aprendizaje automático, al que Tom Mitchell (1997) definió como el aprendizaje que implica que una máquina sea capaz de mejorar su rendimiento en una tarea específica a medida que recibe más datos o experiencia, sin que sea necesaria una programación explícita para cada caso; la visión computacional, la cual es un área de la inteligencia artificial que busca que las máquinas sean capaces de identificar objetos, analizar la profundidad de las escenas y entender imágenes y videos, de forma parecida a los seres humanos (Szeliski, 2010); el procesamiento del lenguaje natural (PLN), como área de la IA permite a las computadoras entender y trabajar con el lenguaje humano, logrando que las máquinas lean, interpreten y respondan de manera que tenga sentido para las personas (Jurafsky y Martin, 2021); y, finalmente los sistemas expertos, diseñados para resolver problemas complejos y ofrecer soluciones o recomendaciones sin intervención directa de expertos humanos (Akerkar, 2013).

En el contexto educativo, la IA tiene el potencial de ofrecer soluciones innovadoras para la personalización del aprendizaje, mejorar la accesibilidad a la educación y facilitar la automatización de tareas administrativas, lo que permite a los docentes enfocarse en actividades pedagógicas más significativas. Además, la IA puede contribuir al análisis predictivo, anticipando necesidades académicas

y proporcionando recomendaciones personalizadas para estudiantes, según Siemens (2013). De esta manera, la inteligencia artificial se presenta no solo como una herramienta para agilizar procesos, sino también como un catalizador para la innovación pedagógica.

¿Qué es la Educación Superior?

La educación superior se refiere al nivel educativo que sigue a la educación secundaria, y generalmente abarca estudios universitarios, tecnológicos y de posgrado. Según la UNESCO (2024), la educación superior no solo tiene un papel fundamental en la formación profesional y académica de los individuos, sino también en la investigación, la innovación y el desarrollo social y económico. En la era digital, las universidades y otras instituciones de educación superior enfrentan el desafío de integrar tecnologías avanzadas para mantenerse relevantes y preparar a los estudiantes para un futuro marcado por el dinamismo tecnológico y la globalización.

Según Salazar (2021), la educación superior trasciende la adquisición de conocimientos técnicos y académicos. En su perspectiva, la educación superior tiene un impacto profundo en la sociedad, ya que es un motor clave para el desarrollo social, económico, político y cultural de las naciones. El autor plantea que además de preparar a los estudiantes para ingresar al mercado laboral, la educación superior debe contribuir al fortalecimiento de la cohesión social, la democracia y la ciudadanía activa. Todo esto, a través de la formación crítica, la investigación y la reflexión intelectual, la educación superior promueve el pensamiento autónomo y la capacidad de los individuos para afrontar los desafíos de la modernidad.

En este sentido, no solo tiene un papel económico, sino también cultural y ético, promoviendo una sociedad más justa, equitativa y sostenible, asimismo hace hincapié en que los sistemas de educación superior deben adaptarse a los cambios y demandas globales, como la digitalización y la globalización, a la vez que mantienen su compromiso con los valores fundamentales de la educación, tales como la inclusión, la justicia y la libertad académica.

Tuning Project (2004) propone una definición más práctica, destacando que la educación superior se refiere a la educación que forma profesionales con altos niveles de especialización en diversas áreas del conocimiento. Es un espacio de formación que involucra no solo la adquisición de conocimientos técnicos, sino también la formación de actitudes y valores para la participación activa en la sociedad.

Lo anterior concuerda con el planteamiento de los autores Romero, M., Romeu, T., Guitert, M., y Baután, P. (2023), al indicar que la globalización, las nuevas demandas del mercado laboral y la transformación digital han planteado desafíos y oportunidades para la educación superior, y que, las instituciones educativas adoptan enfoques más flexibles y diversos para la enseñanza, como el aprendizaje en línea, la educación híbrida y el uso de tecnologías como la realidad aumentada, los entornos virtuales y, por supuesto, la inteligencia artificial. Así pues, estas innovaciones buscan mejorar tanto la accesibilidad como la calidad educativa, proporcionando a los estudiantes herramientas que les permitan adquirir competencias relevantes para un mundo cada vez más interconectado y automatizado desde la práctica docente.

Knight (2015) señala que la educación superior es esencial para el desarrollo personal y profesional, pero también juega un papel crucial en la promoción de la paz, la igualdad y la sostenibilidad

global. Según esta perspectiva, las universidades son lugares donde se genera conocimiento, se forman los futuros líderes y se abordan los desafíos globales mediante la investigación aplicada. Según García y Pérez (2019) en su obra *La educación superior en el siglo XXI: Retos y perspectivas*, la educación superior es entendida como un proceso académico que va más allá de la simple transmisión de conocimiento, orientándose hacia el desarrollo integral de los individuos y la preparación de los mismos para enfrentar los desafíos de una sociedad globalizada y en constante transformación.

Práctica Docente: enfoques

A lo largo de la historia, diversos enfoques pedagógicos han influido en la concepción de la práctica docente. Tradicionalmente, la enseñanza se centraba en el modelo transmisivo, donde el docente era el principal transmisor de conocimientos y los estudiantes receptores pasivos. Sin embargo, a medida que la educación ha evolucionado, han surgido enfoques más centrados en el estudiante, que buscan involucrarse activamente en su propio aprendizaje. La educación constructivista, por ejemplo, promueve la idea de que el conocimiento no se transfiere de forma unidireccional, sino que se construye activamente en interacción con el entorno, los demás estudiantes y el docente descrito por Bruner (1996).

La práctica docente es un concepto fundamental dentro de la educación, ya que abarca el conjunto de acciones y metodologías que los docentes emplean para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje. De acuerdo con Zeichner (2012), la práctica docente no es solo la aplicación de técnicas pedagógicas, sino un proceso dinámico y reflexivo que se adapta a las necesidades de los estudiantes y los contextos en los que se lleva a cabo. Como señala Palincsar (1998), la práctica docente debe estar centrada en el estudiante, con un enfoque en el aprendizaje activo y la resolución de problemas, promoviendo la reflexión y el pensamiento crítico.

Los modelos de enseñanza de los últimos años enfatizan la importancia de la adaptabilidad y la flexibilidad en la práctica docente. Según Darling-Hammond et al. (2017), los docentes deben ser capaces de ajustar sus estrategias y enfoques en función de las características y necesidades particulares de sus estudiantes. Esto requiere que los docentes no solo dominen los contenidos curriculares, sino que también desarrollen habilidades para reconocer las diversas formas en que los estudiantes aprenden y cómo apoyarles en su proceso educativo.

En este contexto, el uso de tecnologías educativas ha abierto nuevas posibilidades en la práctica docente. Las tecnologías no solo ayudan a dinamizar las clases, sino que también permiten personalizar el aprendizaje de los estudiantes y proporcionar experiencias de aprendizaje más interactivas y colaborativas. Según Bates (2019), el uso adecuado de la tecnología permite a los docentes enriquecer la experiencia educativa, creando espacios virtuales de aprendizaje donde los estudiantes pueden interactuar y acceder a recursos de forma flexible. Las herramientas digitales también facilitan la retroalimentación en tiempo real, permitiendo que los docentes monitorean el progreso de los estudiantes de manera continua y proporcionen apoyo inmediato cuando sea necesario ayudándoles a construir su propio conocimiento en un entorno que estimula el pensamiento crítico y la creatividad.

Relación entre IA, Educación Superior y Práctica Docente

La intersección de la inteligencia artificial (IA), la educación superior y la práctica docente representa una de las áreas más prometedoras y transformadoras en el ámbito educativo actual. La IA está teniendo un impacto directo en la educación superior, particularmente en la forma en que se enseña y se aprende. Por ejemplo, la implementación de plataformas basadas en IA para el aprendizaje adaptativo permite a los estudiantes recibir contenidos que se ajustan a su ritmo y nivel de comprensión, mientras que los docentes pueden utilizar estos sistemas para identificar áreas de mejora y brindar apoyo adicional de manera oportuna, según Kukulska-Hulme (2012).

La relación entre IA y la práctica docente se vuelve aún más evidente cuando se considera el potencial de la inteligencia artificial (IA) para automatizar tareas repetitivas, como la corrección de exámenes o la gestión de calificaciones, lo que libera a los docentes para centrarse en la enseñanza significativa y en la interacción directa con los estudiantes. Además, la IA puede ofrecer apoyo en la personalización del aprendizaje, brindando a cada estudiante experiencias educativas más centradas en sus necesidades individuales, lo que permite que la práctica docente sea más inclusiva y eficiente según Fischer (2019).

Por otro lado, la educación superior se ve beneficiada por la IA al permitir la creación de entornos de aprendizaje más flexibles, como el aprendizaje en línea o las clases híbridas, que se adaptan mejor a las demandas de los estudiantes contemporáneos. Las universidades pueden utilizar herramientas de inteligencia artificial (IA) para gestionar la administración académica, mejorar la accesibilidad de los cursos y fomentar la colaboración entre estudiantes y profesores de diferentes partes del mundo. Asimismo, la integración de la IA en la educación superior ofrece nuevas oportunidades para la investigación educativa, al permitir el análisis masivo de datos sobre el comportamiento y rendimiento de los estudiantes.

No obstante, Isea, Duque, Piña y Atencio (2024) afirman que los maestros necesitan entender cómo funciona la inteligencia artificial (IA), cómo puede enriquecer tanto la enseñanza como el aprendizaje, y cómo pueden integrar de manera efectiva en su labor diaria en el aula; lo cual se relaciona con la propuesta de Bernilla (2024) de introducir poco a poco la inteligencia artificial (IA) en las políticas educativas, los programas de estudio y las currículas de las universidades. Para esto, es esencial empezar a capacitar a los maestros en el uso básico de estas tecnologías y sus aplicaciones en la enseñanza, creando espacios donde puedan interactuar y reflexionar, lo que les permitirá superar los miedos que se han detectado (Isea Arguelles et al., 2024).

En este sentido, los autores enfatizan en que los cursos de formación son clave para que los profesores adquieran estas habilidades, ya que les permiten aprender tanto los aspectos teóricos como prácticos que les permitirá experimentar y familiarizarse con la tecnología en un entorno controlado y seguro antes de aplicarla en sus clases.

Ante este escenario, se plantea como objetivo identificar cómo la inteligencia artificial (IA) está siendo utilizada en la práctica docente dentro de la educación superior pública. En este sentido se toma el caso del Instituto Tecnológico de Mexicali porque es una institución pública del gobierno federal. Se

espera responder ¿Cuáles son los usos de las aplicaciones de IA en la práctica de los docentes? ¿En qué actividades las aplican y en qué medida?

El supuesto del que se parte es que los usos de la inteligencia artificial (IA) en la práctica de los docentes del Instituto Tecnológico de Mexicali, son básicos y aún no impactan de forma innovadora y revolucionaria en las diferentes actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Materiales y Métodos

Para responder a estas interrogantes y cumplir con el objetivo general planteado, se propone un enfoque metodológico que combina revisión bibliográfica documental, exploración descriptiva del estudio de caso y un paradigma cualitativo para el análisis de datos. Esta investigación está respaldada ampliamente en la lectura y revisión de literaturas previas sobre el tema.

Estudios de caso

De acuerdo con Yin (2014), los estudios de caso son una técnica empleada en diversas disciplinas, desde la medicina y el derecho, hasta la economía y la sociología. Además, tiene un uso destacado en el ámbito de la comunicación social y la educación. Aunque comúnmente se asocia con enfoques cualitativos, también puede llevarse a cabo utilizando combinación de datos tanto cualitativos como cuantitativos. Según el autor, el estudio de caso es uno de los métodos más utilizados cuando se requiere explorar a profundidad una problemática.

Por su parte, Remenyi (2012) destaca la aplicación del estudio de casos en la investigación y la metodología en el contexto empresarial y en el académico, refiriéndose a un enfoque de investigación cualitativa en el que se revisa profundidad un fenómeno o problema específico dentro de su contexto real. Remenyi (2012) define el estudio de caso como una estrategia de investigación que permite a los investigadores explorar una situación compleja o un contexto particular mediante el análisis profundo y detallado de un solo caso o un número limitado de casos.

Coller (2005) y Gerring (2017) convergen en que los estudios de caso establecen un conjunto más variado de herramientas para captar la complejidad del comportamiento social. No buscan representatividad sino, profundizar en la interrelación de un fenómeno social o suceso. Este método combina múltiples flujos de datos de forma creativa, proporcionando un detalle y riqueza que facilita a los lectores comprender dicho fenómeno y evaluar la aplicabilidad de los hallazgos.

En este sentido, para responder al objetivo de identificar cómo la inteligencia artificial (IA) está siendo utilizada en la práctica docente dentro del Instituto Tecnológico de Mexicali se determina que el estudio de casos es el método con el cual se profundizará en las particularidades de la aplicación de la IA en la práctica docente por ser una herramienta metodológica para la investigación aplicada y que además, permite una exploración detallada y contextualizada, lo que no puede ser fácilmente desglosado mediante otros métodos, ya sean cuantitativos o cualitativos. Dado este marco metodológico, se definieron las categorías de análisis que se presentan en la siguiente sección.

Categorías de la investigación

Para lograr el objetivo de profundizar en las particularidades de la aplicación de la IA en práctica docente, se establecen categorías de investigación tales como: conocimientos básicos de la IA, uso actual de la IA en la docencia, percepciones y actitudes, así como necesidades de formación.

Para comprender mejor la situación, se recogieron datos mediante una encuesta diseñada y aplicada en la plataforma Google Forms, cuyos resultados brindaron información valiosa sobre la percepción de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo, los sujetos de estudio debían cumplir con los siguientes criterios:

- Ser docente de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Mexicali.
- Estar adscrito al departamento de Ingeniería Industrial.
-

El primer criterio es imprescindible debido a que el objeto de estudio es la institución educativa, es decir, el estudio de caso es el Instituto Tecnológico de Mexicali, y los sujetos de estudio son los docentes de tiempo completo porque cuentan con períodos asignados para capacitación, a diferencia de los docentes de asignatura, quienes únicamente cuentan con horas frente a grupo.

El segundo criterio se fundamenta en la carrera con mayor matrícula de la Institución, con la finalidad de obtener una muestra robusta, es por lo que se decidió seleccionar el programa educativo de ingeniería industrial (ver tabla I). De esta manera se logra cumplir con los objetivos de investigación a través de los métodos y técnicas seleccionadas, arrojando los resultados que se muestran en el siguiente apartado.

Tabla I. Matrícula por carrera en el semestre agosto-diciembre 2024

Programa Educativo	Número de Estudiantes Inscritos
Contador Público	171
Ing. en Administración	14
Ing. en Desarrollo de Aplicaciones	16
Ing. en Sistemas Computacionales	452
Ing. Mecánica	397
Ing. Mecatrónica	532
Ing. en Materiales	10
Ing. Eléctrica	200
Ing. Electrónica	146

Ing. en Energías Renovables	109
Ing. en Gestión Empresarial	222
Ing. en Logística	153
Ing. Química	297
Ing. Industrial	794

Fuente: Elaboración propia (2024)

La metodología propuesta llevó al logro de los resultados que se presentan en la siguiente sección.

Resultados

En este apartado se dan a conocer en forma ordenada los resultados obtenidos en la investigación. Se inicia con la descripción de la institución educativa y se continúa con la información de cada categoría obtenida de las encuestas realizadas a los docentes.

Contexto del Instituto Tecnológico de Mexicali

El Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM) es una de las instituciones educativas públicas más relevantes en el estado de Baja California, México. Fundado en 1981, el ITM forma parte del Tecnológico Nacional de México (TecNM), el Instituto está situado en una superficie de 29,218 metros cuadrados, lo que le permite disponer de amplias instalaciones. Esto permite el desarrollo de actividades académicas, administrativas y de vinculación. La institución cuenta con 17 edificios que albergan laboratorios, aulas, oficinas administrativas y espacios para las distintas áreas de gestión. Además de sus instalaciones académicas, el ITM ofrece amplias áreas verdes que fomentan el bienestar de los estudiantes y personal académico, así como espacios destinados a actividades deportivas, culturales y cívicas.

El Instituto Tecnológico de Mexicali ofrece una variada y sólida oferta educativa, con trece programas de ingeniería, Contador Público y dos programas de maestría, brindando una formación completa desde el nivel de licenciatura hasta el posgrado. La matrícula actual del ITM asciende a 3,521 estudiantes, quienes reciben una formación académica de calidad, orientada a satisfacer las demandas del mercado laboral y las necesidades del desarrollo regional. La variedad de programas educativos refleja el compromiso de la institución por adaptarse a los cambios tecnológicos y las necesidades emergentes de la sociedad.

La calidad educativa que ofrece el ITM no sería posible sin el esfuerzo y la dedicación de su planta docente. Con un total de 307 profesores, el 37% son docentes de tiempo completo, la institución garantiza un enfoque cercano a través de su oferta educativa y su modelo de enseñanza, el ITM ha logrado posicionarse como un actor clave en la educación superior de Baja California, formando profesionistas altamente capacitados que aportan significativamente al desarrollo económico y social de la región. Además, la institución mantiene una estrecha relación con el sector empresarial y gubernamental, colaborando en la resolución de problemas tecnológicos y sociales, y contribuyendo al

crecimiento y modernización de la infraestructura local y regional en la enseñanza. Esta proporción es clave para garantizar que los estudiantes reciban una atención adecuada y continua, permitiendo un mayor seguimiento en sus procesos de aprendizaje y desarrollo académico.

El profesorado del ITM está compuesto por profesionales con una sólida formación y experiencia, que desempeñan un papel fundamental no solo en la transmisión de conocimientos, sino también en la formación integral de los estudiantes. Los docentes participan activamente en la investigación, la creación de proyectos innovadores y la vinculación con la industria, lo que enriquece la experiencia educativa y proporciona a los estudiantes una visión práctica de los retos y oportunidades en sus áreas de estudio.

El Instituto Tecnológico de Mexicali se consolida como referencia en la región, con una formación académica de calidad que impulsa el desarrollo social y económico. A través de su infraestructura moderna, su amplia oferta educativa, su comprometida planta docente y su enfoque en la formación integral de los estudiantes, el ITM sigue siendo un pilar fundamental para el futuro de Baja California y para el país.

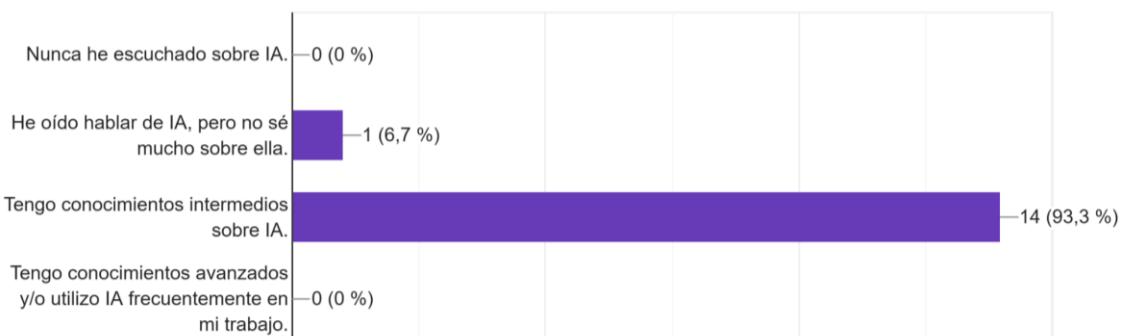
El ITM en atención y seguimiento a la implementación del nuevo modelo educativo “El humanismo para la justicia social” que brindará los cambios que nuestro sistema requiere y que necesita para consolidarse como una de las instituciones a nivel Latinoamérica con mayor renombre y con el cual toda la comunidad del TecNM tendrá una oportunidad para ver transformadas sus vidas a través de los nuevos programas educativos que surgen en el 2024, tales como ingeniería en inteligencia artificial (IA), ingeniería en ciberseguridad, ingeniería en ciencia de datos e ingeniería en desarrollo de aplicaciones. Integrándose ésta última en la oferta educativa del Instituto Tecnológico de Mexicali.

Ante este contexto de incertidumbre en torno al tema de IA desde la práctica académica de los docentes, surge la imperante necesidad de identificar cómo se aplica la IA en la práctica de los docentes del Instituto Tecnológico de Mexicali. Es preocupante la carencia de estadística de fácil acceso para conocer el nivel de conocimiento y aplicación de las herramientas por parte de los docentes. Específicamente para el caso del Instituto Tecnológico de Mexicali, los resultados de la encuesta que se aplicó al 65% de la planta docente de tiempo completo adscrito al programa educativo de Ingeniería Industrial y organizados según las categorías de la metodología, se presentan a continuación.

Conocimientos básicos sobre IA

En la subcategoría conocimiento sobre IA, el 93% de los docentes señalan contar con conocimientos intermedios, mientras que 7% de los docentes indican haber escuchado o conversado del tema, pero sin ser expertos (ver figura 1).

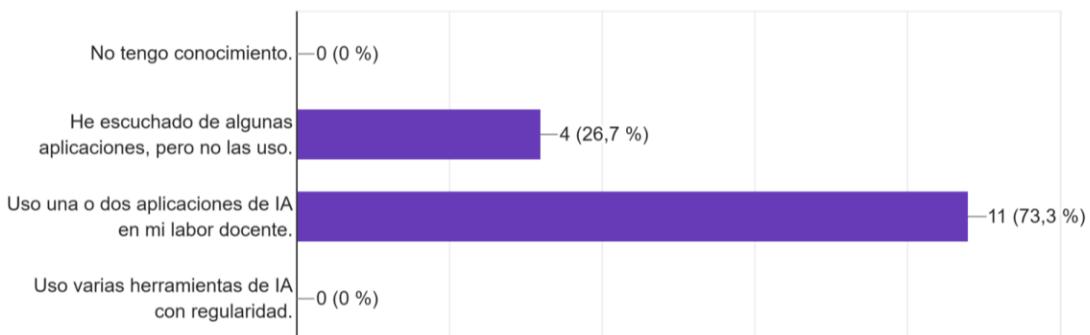
Figura 1. Nivel de conocimiento de los docentes sobre IA.



Fuente: elaboración propia (2024)

Por otra parte, la mayoría de los docentes indicó que utiliza una o dos aplicaciones de IA en sus actividades docentes, lo que sugiere que están explorando herramientas específicas, pero no una adopción generalizada. La minoría de los docentes utiliza IA en tareas como la búsqueda de contenido relacionado con materias o herramientas avanzadas (ver figura 2).

Figura 2. Nivel de uso de herramientas de aplicaciones de IA en actividades docentes.



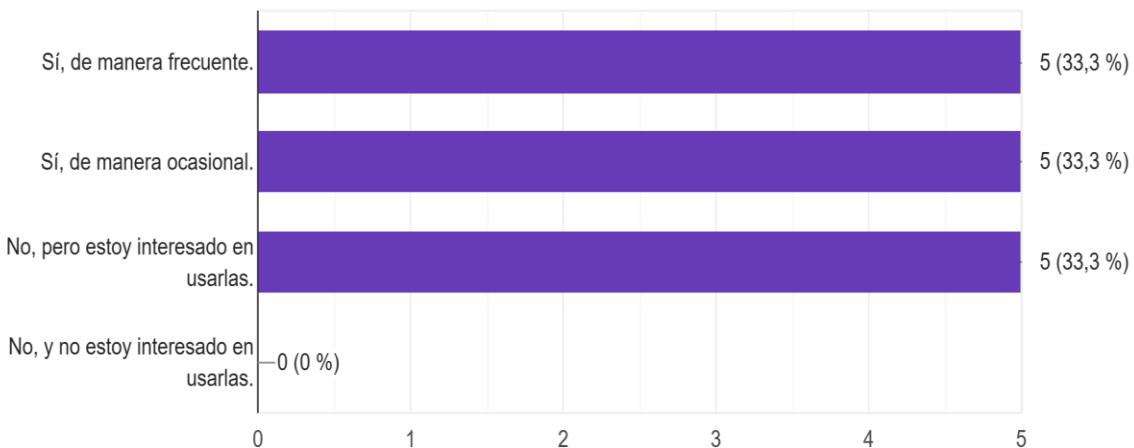
Fuente: elaboración propia (2024)

Aunque el conocimiento de IA entre los docentes es de un nivel intermedio, la utilización se queda a un nivel básico en cuanto al número de herramientas en su labor docente, lo cual se relaciona con los resultados en la siguiente categoría.

Uso actual de la inteligencia artificial (IA) en la docencia

En cuanto a la frecuencia de uso de IA por parte de los docentes, se destaca el uso frecuente y ocasional en un 66% de los docentes, mientras que el 33% de los docentes presenta interés sin uso actual en la práctica del proceso enseñanza-aprendizaje (ver figura 3).

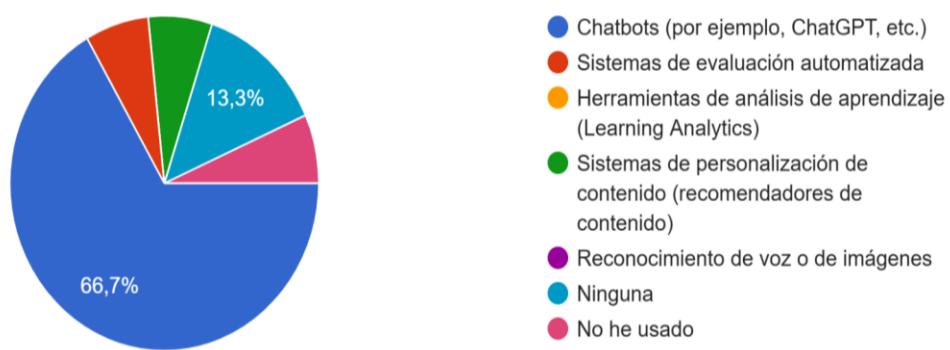
Figura 3. Frecuencia de uso de aplicaciones de IA en la docencia.



Fuente: elaboración propia (2024)

Las herramientas más utilizadas por parte de los docentes son los chatbots y sistemas de personalización de contenido. Esto demuestra un enfoque en herramientas accesibles y prácticas (ver figura 4).

Figura 4. Herramientas de IA más utilizadas por los docentes.



Fuente: elaboración propia (2024)

De los encuestados mencionaron utilizar la IA para esta actividad. Este resultado resalta el valor de la IA en la generación de contenido (ver figura 5).

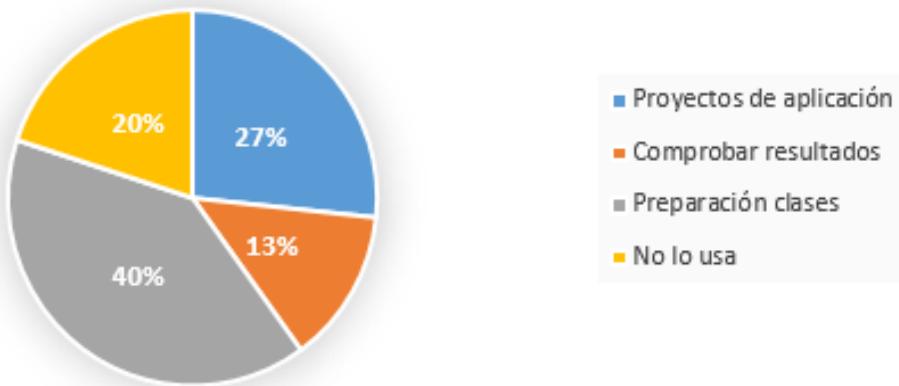
Figura 5. Principales usos de la IA en la educación.



Fuente: elaboración propia (2024)

Por otra parte, las situaciones en que la IA ha interactuado en el proceso enseñanza-aprendizaje destacan el uso de IA para exemplificar casos de estudio o realizar búsquedas actualizadas, seguido de asistente en tareas docentes diarias y el impacto de la IA en el diseño de preguntas y tareas más efectivas (ver figura 6).

Figura 6. Desafíos y dificultades en el uso de la IA en la docencia.

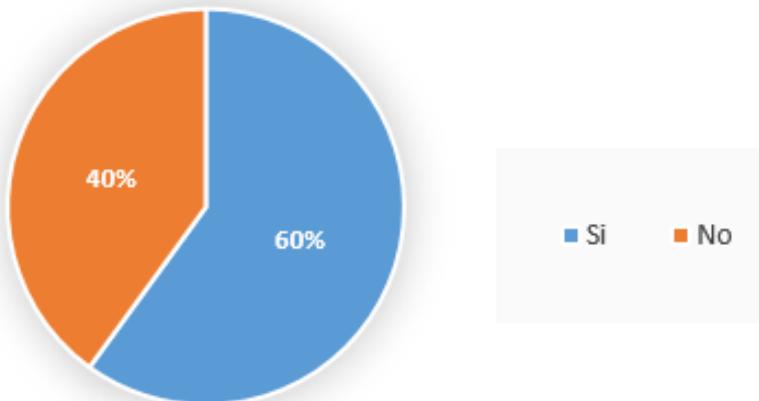


Fuente: elaboración propia, (2024).

Asimismo, los principales desafíos que destacan en la práctica docente son la falta de precisión en respuestas (46.6%), es decir, frecuentemente, las respuestas generadas por IA son vistas como imprecisas o limitadas; problemas con los *prompts* (6.6%), puesto que algunos docentes mencionan desafíos en formular preguntas adecuadas para obtener respuestas útiles, así como el reto de validar la información generada por la IA. Los *prompts* en el contexto de la inteligencia artificial se refieren a las instrucciones o entradas que un usuario proporciona a un modelo de lenguaje para generar respuestas relevantes y precisas (Brown et al., 2020). Un buen diseño de *prompts* puede mejorar significativamente

la calidad de las respuestas de los sistemas de IA, facilitando la obtención de información más precisa y contextualizada. (ver figura 7).

Figura 7. Percepción de los docentes sobre el impacto de la IA en la educación superior.



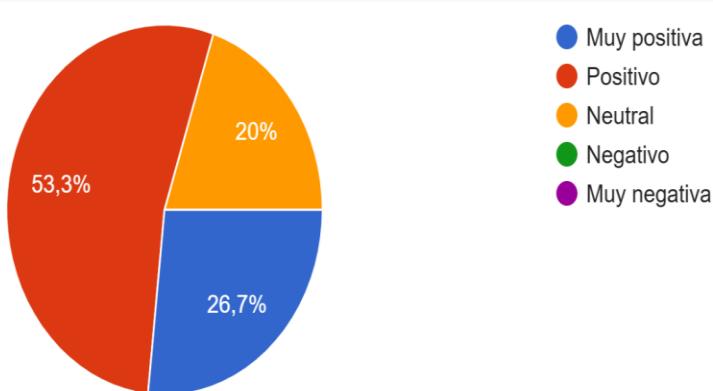
Fuente: elaboración propia (2024)

Los resultados en esta segunda categoría arrojan que el 66% de los docentes usa la IA con frecuencia o de manera ocasional, mientras que un 33% muestra interés, pero aún no la aplica. Las herramientas más comunes son los chatbots y sistemas de personalización del contenido. La IA se utiliza principalmente para generar material, ilustrar casos prácticos, buscar información y apoyar en tareas docentes. Sin embargo, los principales desafíos son la falta de precisión en las respuestas y las dificultades para formular preguntas adecuadas, lo que dificulta la validación de la información generada. A continuación, se presenta la tercera categoría de análisis.

Percepciones y actitudes

Principales inquietudes respecto a la IA en el ámbito educativo, tales como la dependencia tecnológica, la privacidad de los datos y la ética en su uso. La percepción que presentan los docentes acerca del impacto de la IA es en su mayoría positiva como se muestra, (ver figura 8).

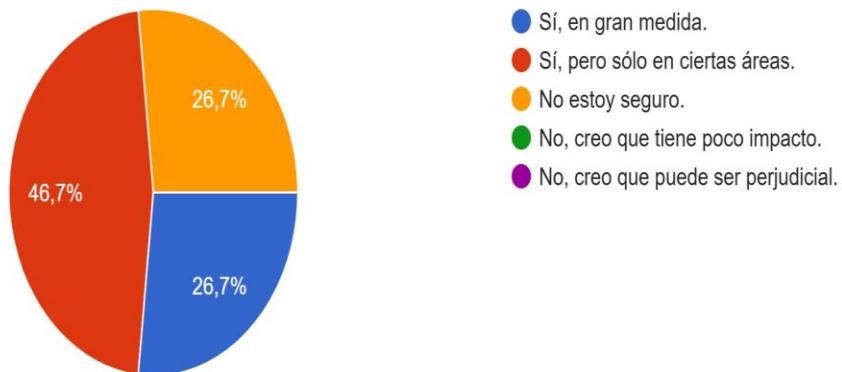
Figura 8. Percepción de los docentes sobre el impacto de la IA en la educación superior



Fuente: elaboración propia (2024)

El uso de IA en la docencia puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes señala el 73 % de los docentes, mientras que el resto indican no estar seguros del impacto de la IA en este aspecto (ver figura 9).

Figura 9. Uso de IA en la docencia para mejorar el aprendizaje de los estudiantes



Fuente: elaboración propia (2024)

Las principales preocupaciones de los docentes respecto al uso de la IA en la educación superior se centran en la dependencia tecnológica, debido al riesgo de depender excesivamente de la IA, seguida de la precisión que inquieta a los docentes sobre posibles errores en las respuestas generadas, y con menor medida les preocupa la ética, así como la privacidad, (ver figura 10).

Figura 10. Preocupaciones ante el uso de la IA en la educación



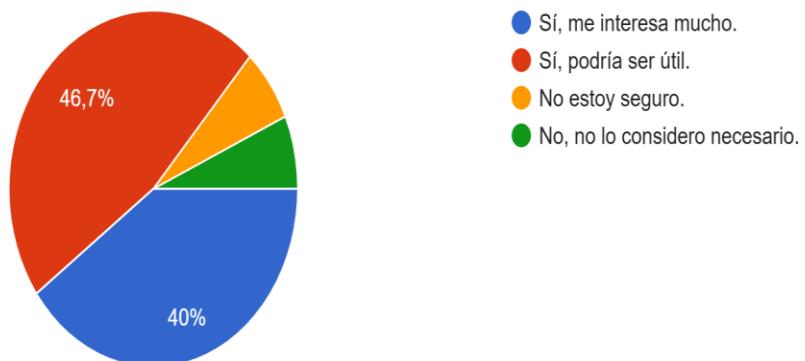
Fuente: elaboración propia (2024)

En resumen, la mayoría de los docentes cree que el uso de la IA en la enseñanza puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes, aunque algunos no están seguros de su impacto. Las principales preocupaciones ante la IA incluyen el riesgo de depender demasiado de la IA, la exactitud de las respuestas generadas, y en menor medida, cuestiones éticas y de privacidad.

Necesidades de formación

Con respecto al interés de los docentes por recibir información específica sobre el uso de IA en la educación, la mayoría expresó tener un alto interés (ver figura 11).

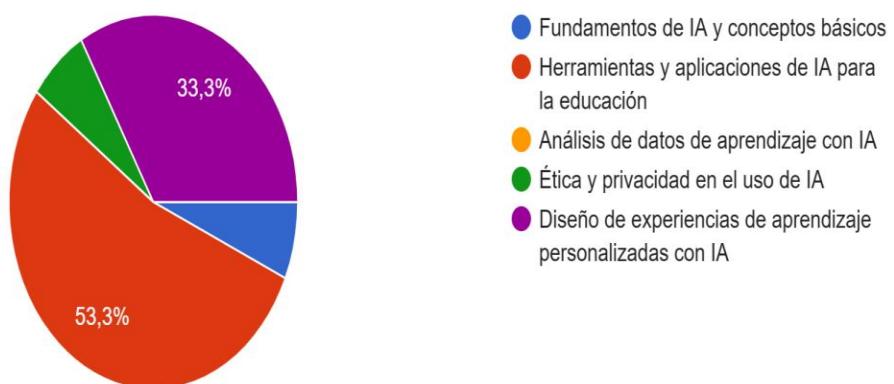
Figura 11. Interés en capacitación sobre IA para la práctica docente



Fuente: elaboración propia (2024)

Acerca de las áreas clave que a los docentes les gustaría recibir formación sobre IA sobresale en ámbitos relacionados con herramientas y aplicaciones educativas en un 60%, es decir, quieren instruirse en aplicaciones prácticas de la IA. Mientras que el resto quiere aprender cómo la IA puede apoyar experiencias de aprendizaje (ver figura 12).

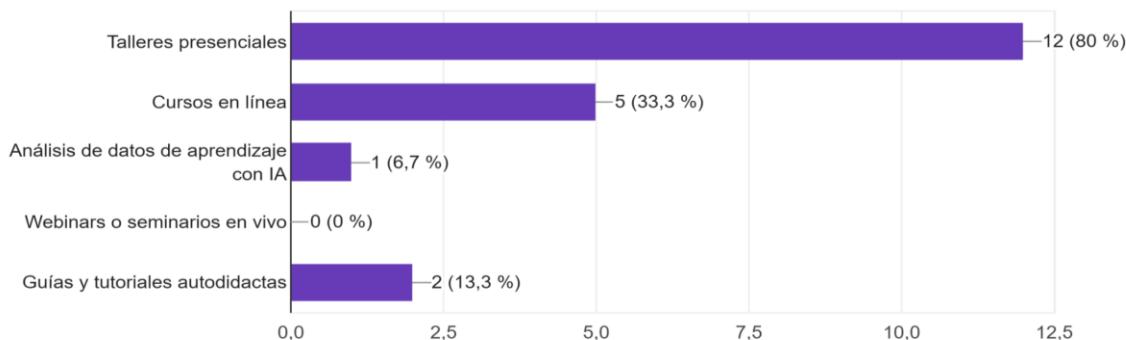
Figura 12. Áreas de interés para capacitación sobre IA



Fuente: elaboración propia (2024)

Finalmente, los tipos de capacitación acerca de IA que prefieren los docentes es en cursos que les permita aprender en entornos prácticos, guiados y flexibles (ver figura 13).

Figura 13. Tipos de capacitación sobre IA



Fuente: elaboración propia (2024)

En esta última categoría, los docentes tienen interés en aprender más sobre cómo utilizar IA en la educación. En particular, un 60% de ellos quiere formarse en el uso de herramientas y aplicaciones educativas, buscando conocimientos que puedan aplicar directamente en su enseñanza. Por otro lado, otros docentes están más interesados en entender cómo la IA puede enriquecer las experiencias de aprendizaje. Además, prefieren cursos prácticos y flexibles, donde puedan aprender de forma guiada, en entornos que les permitan experimentar y aplicar lo aprendido.

A partir de los resultados presentados, se puede plantear que la Inteligencia Artificial (IA) es percibida como una herramienta prometedora en el ámbito educativo, con un impacto mayoritariamente positivo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Los docentes participantes tienen un conocimiento intermedio sobre la IA, sin embargo, la mayoría de los docentes actualmente está explorando o utilizando herramientas específicas en su práctica docente como Chat GPT y Learning analytics, por ejemplo. No obstante, también se identifican áreas clave como la dependencia tecnológica y la precisión de las respuestas generadas por la IA, las cuales, según los docentes, requieren atención para garantizar una implementación efectiva y sostenible.

Discusión

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior plantea un panorama de transformación que está estrechamente vinculado con los conceptos presentados y los resultados obtenidos en el Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM). A continuación, se analiza cómo los conceptos clave de IA, educación superior y práctica docente se relacionan con los hallazgos del estudio, destacando las fortalezas, las limitaciones y las implicaciones.

Los resultados muestran que el 73% de los docentes tiene una percepción positiva sobre el impacto de la IA, sus aplicaciones prácticas no aprovechan plenamente las capacidades adaptativas y predictivas de esta tecnología, como la anticipación de necesidades académicas. Esto se relaciona con el planteamiento de Siemens (2013) señala que el uso limitado de la IA en actividades pedagógicas avanzadas, como la personalización del aprendizaje, revela una brecha entre el potencial teórico y su implementación práctica.

En esta tendencia, se muestra que la mayoría de los docentes (93%) tiene conocimientos intermedios sobre IA y está comenzando a utilizarla en actividades específicas. Sin embargo, la adopción generalizada está limitada, con solo un 33% de docentes interesados en usar IA sin haberla implementado aún. Esto concuerda con el planteamiento de la UNESCO (2020), así como con el de Romero, M., Romeu, T., Guitert, M. y Bautista, P. (2023), al destacar que la educación superior enfrenta el desafío de adaptarse a las demandas globales mediante la integración de tecnologías avanzadas.

Los hallazgos reflejan una etapa inicial de la transformación digital, lo que coincide con Salazar (2021), quien señala que la educación superior debe equilibrar la adopción tecnológica con valores como la inclusión y la justicia social. Además, los desafíos identificados en los resultados, como la dependencia tecnológica y la falta de precisión en las respuestas generadas por la IA, resaltan la importancia de un enfoque ético y reflexivo. Esto se alinea con la perspectiva de Knight (2015), quien en su marco conceptual sobre la internacionalización de la educación superior destaca que la integración de nuevas tecnologías debe considerar no sólo la eficiencia académica, sino también el impacto cultural, social y ético en los distintos contextos educativos. En este sentido, la transformación digital en la educación debe abordarse desde un enfoque holístico que garantice equidad y accesibilidad, en concordancia con la necesidad de establecer políticas institucionales claras. Esto representa un desafío para las instituciones educativas, ya que exige la implementación de un uso responsable de la inteligencia artificial en el ámbito académico.

En cuanto a la práctica docente, descrita por Bruner (1996) y Zeichner (2012), esta está evolucionando hacia un enfoque más centrado en el estudiante, apoyado por tecnologías que facilitan el aprendizaje activo y la personalización. Esto se asocia con los docentes del ITM, quienes están utilizando la IA principalmente para tareas repetitivas, tales como la corrección de exámenes, lo que les permite liberar tiempo para actividades más significativas. Dicha utilización está en línea con las observaciones de Bates (2019), quien señala que las tecnologías digitales pueden enriquecer la experiencia educativa.

No obstante, el uso limitado de la IA en el diseño de experiencias de aprendizaje personalizadas subraya una oportunidad desaprovechada, destacada también por Fischer (2019). Aunque los docentes perciben el potencial transformador de la IA, sus preocupaciones sobre la dependencia excesiva y los problemas éticos sugieren que la tecnología no está siendo utilizada para fomentar plenamente la creatividad, el pensamiento crítico y la interacción colaborativa en el aula.

Por otra parte, en lo concerniente a capacitación sobre IA, Kukulska-Hulme (2012) y Darling-Hammond et al. (2017) destacan que la formación continua es esencial para que los docentes desarrollen competencias tecnológicas avanzadas, en este ámbito los resultados del ITM confirman esta necesidad, mostrando un interés significativo (86%) en recibir capacitación específica sobre IA, especialmente en el uso práctico de herramientas educativas. Además, los docentes prefieren formatos de aprendizaje prácticos, como talleres presenciales y cursos en línea, lo que refuerza la necesidad de diseñar programas de formación adaptados a sus necesidades.

La preferencia por aprender a integrar herramientas de IA en la personalización del aprendizaje y la creación de contenido educativo refleja una demanda alineada con las ideas de Siemens (2013) sobre

el papel de la IA como catalizador de innovación pedagógica. Sin embargo, la falta de formación actual está limitando la capacidad de los docentes para explorar estas aplicaciones más avanzadas.

Mientras que los retos y oportunidades reflejados en los resultados del estudio revelan desafíos clave, como la dependencia tecnológica (46.6%) y la falta de precisión en las respuestas de la IA (33.3%), esto coincide con los planteamientos de Salazar (2021) y Fischer (2019) sobre la necesidad de abordar las implicaciones éticas y operativas de la tecnología en la educación. En este sentido, las políticas institucionales desempeñan un papel fundamental en la adopción de la IA, ya que no solo regulan su implementación, sino que también influyen en la equidad de acceso, la formación docente y la infraestructura tecnológica disponible. Como señala Knight (2015), la internacionalización de la educación superior debe considerar no sólo la incorporación de tecnologías, sino también sus implicaciones éticas y sociales. Por ello, es fundamental que las instituciones establezcan marcos normativos que promuevan el uso responsable de la IA, minimicen riesgos y fomenten la confianza entre docentes y estudiantes, asegurando un impacto positivo en la calidad educativa.

La teoría que respalda esta investigación, describe a la IA como una herramienta con el potencial de transformar la educación superior, y los resultados del ITM confirman que este potencial está siendo explorado, aunque de manera limitada. El uso actual de la IA para tareas administrativas está alineado con las etapas iniciales de adopción tecnológica, pero el interés en aplicaciones más avanzadas, como el diseño de experiencias personalizadas, sugiere que la institución está en una posición favorable para liderar la innovación educativa.

Por lo tanto, como plantean Knight (2015) y García y Pérez (2019), la educación superior debe abordar los desafíos globales mediante la implementación de tecnologías que promuevan la inclusión, la calidad y la sostenibilidad. El ITM tiene la oportunidad de convertirse en un modelo de transformación digital, siempre que aborde las barreras identificadas y fomente un entorno institucional que favorezca la experimentación y el aprendizaje continuo.

Conclusión

En la discusión se mostró que los conceptos presentados están estrechamente relacionados con los resultados obtenidos, así como con los objetivos planteados, destacando tanto los avances como las limitaciones en la integración de la IA en el ITM. Aunque los docentes comienzan a explorar las aplicaciones de la IA, su uso aún se centra en tareas operativas, y existen desafíos éticos y técnicos que requieren atención, como el poder validar que los términos y los estilos de escritura son legítimos de los estudiantes.

Para cerrar la brecha entre el potencial teórico de la IA y su implementación práctica, es fundamental fortalecer la formación docente, establecer políticas claras y fomentar un enfoque estratégico en la integración de la tecnología. Esto permitirá que la IA cumpla su promesa de transformar la educación superior, promoviendo prácticas pedagógicas más inclusivas, personalizadas y sostenibles.

En esta investigación se exploró la interacción entre la inteligencia artificial (IA), la educación superior y la práctica docente, con el objetivo de entender cómo los docentes del Instituto Tecnológico

de Mexicali implementan estas tecnologías en su enseñanza y qué impacto tiene en el proceso educativo. El fundamento teórico proporcionado establece las bases para entender cómo la IA puede transformar la educación superior, facilitar la personalización del aprendizaje y mejorar la gestión académica. Sin embargo, los resultados de la investigación revelan que, en la práctica, su implementación es aún limitada y no alcanza el nivel de innovación y transformación radical que se anticipaba.

Con toda la información presentada podemos afirmar que los docentes cuentan con conocimientos intermedios sobre IA y utilizan una o dos aplicaciones en su labor diaria, y que las aplicaciones de IA juegan un papel crucial en su integración efectiva en el aula. Las herramientas como los chatbots, por ejemplo, Chat GPT, han demostrado ser útiles para crear contenidos educativos y para la comprobación de resultados en ejercicios, lo que optimiza el tiempo de los docentes y facilita el aprendizaje de los estudiantes.

El uso frecuente de estas tecnologías puede ser altamente positivo, ya que permite a los docentes mejorar sus métodos de enseñanza y ofrecer experiencias de aprendizaje más dinámicas. Sin embargo, es importante que los profesores aprendan a identificar correctamente el uso adecuado de la IA para evitar la dependencia excesiva de la tecnología restando valor al contacto humano y al desarrollo de habilidades críticas.

El diseño de experiencias de aprendizaje personalizadas, apoyado por IA, es otro de los grandes beneficios que se explora actualmente, permitiendo que los contenidos se adapten a las necesidades individuales de cada estudiante. Esta innovación abre un abanico de posibilidades, como la creación de talleres presenciales que integren estas herramientas, brindando a los docentes y estudiantes una experiencia más enriquecedora y alineada con los avances tecnológicos.

La IA tiene el potencial de transformar la educación superior, y el interés actual es clave para maximizar sus aplicaciones. En la actualidad, vivimos en un mundo donde la tecnología avanza de manera vertiginosa, y este fenómeno no es ajeno al ámbito educativo. Los docentes de educación superior enfrentan el desafío de mantenerse al día con estos cambios, adaptando sus métodos de enseñanza a las nuevas herramientas y tendencias tecnológicas. Un tema que ha cobrado especial relevancia es el uso de la inteligencia artificial (IA) por parte de los estudiantes.

Frente a esta realidad, es fundamental que los profesores reflexionen sobre su postura frente a la IA y se preparen para comprenderla en profundidad. Lo que antes parecía una tecnología distante, hoy se presenta como una herramienta poderosa que puede enriquecer el aprendizaje, mejorar el proceso educativo y abrir nuevas oportunidades para enseñar. En lugar de verla como una amenaza, los docentes deben aprender a considerarla como una aliada en su labor diaria frente a los estudiantes. Esto implica reforzar sus conocimientos sobre la IA, para integrar de manera efectiva en sus clases y, de esta manera, estar a la vanguardia de los avances tecnológicos. Al mismo tiempo, estarán capacitando a los estudiantes para que aprovechen al máximo las herramientas del futuro, preparándonos para un mundo cada vez más digital y globalizado.

Futuras líneas de investigación

A partir del análisis realizado en este estudio, se pueden identificar diversas líneas de investigación que permitirían profundizar en la integración de la inteligencia artificial (IA) en la educación superior. Estas áreas de estudio no solo ampliarían los hallazgos actuales, sino que también abrirían nuevas perspectivas para el desarrollo de estrategias innovadoras.

Una de las líneas de investigación sugeridas es la incorporación de la IA en estrategias pedagógicas avanzadas, como el aprendizaje basado en proyectos que busca el aprendizaje de contenidos curriculares a través de proyectos que les resulten motivantes a los estudiantes, y también el aprendizaje adaptativo que se vale de herramientas tecnológicas como el Machine Learning y la inteligencia artificial para analizar el progreso, la participación y el rendimiento de los estudiantes. Hasta el momento, su uso en la educación se ha limitado principalmente a tareas operativas.

Otra línea de investigación clave es la evaluación de los efectos que las herramientas de IA tienen en el rendimiento académico, el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad de los estudiantes. Aunque la percepción de la IA por parte de los docentes es positiva. Faltan estudios empíricos que analicen de manera rigurosa cómo esta tecnología influye directamente en el aprendizaje. Asimismo, el papel del docente en la era de la inteligencia artificial requiere una transformación que garantice su preparación para la implementación efectiva de estas herramientas.

Es fundamental investigar y desarrollar programas de formación que aborden tanto los aspectos técnicos como los dilemas éticos de la IA en la educación. El avance de la IA en el ámbito educativo también plantea desafíos éticos que deben ser analizados en profundidad. Entre ellos, destacan la dependencia tecnológica, los sesgos algorítmicos y la privacidad de los datos de los estudiantes. Una línea de investigación centrada en la regulación y gobernanza de la IA permitiría establecer marcos normativos que orienten su uso responsable en las instituciones educativas.

Otra área de estudio sugerida es la creación y prueba de herramientas de IA diseñadas específicamente para las necesidades del ámbito educativo. Esto permitiría explorar soluciones innovadoras para instituciones como el ITM, incluyendo el desarrollo de asistentes virtuales, sistemas de análisis predictivo y plataformas de aprendizaje adaptativo.

Finalmente, se propone la realización de estudios longitudinales que permitan analizar, a lo largo del tiempo, la evolución de la adopción y percepción de la IA en la educación superior. Este tipo de investigación posibilitará la identificación de tendencias, desafíos emergentes y el impacto real de la IA en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

El desarrollo de estas líneas de investigación contribuiría significativamente al avance del conocimiento sobre la integración de la inteligencia artificial en la educación superior. No solo permitirían generar enfoques innovadores que maximicen el potencial de la IA en el aprendizaje, sino que también

servirían como base para la formulación de políticas y estrategias que promuevan su uso ético y efectivo en los entornos educativos.

Referencias

- Akerkar, R. (2013). *Expert systems: Principles and applications* (2nd ed.). Springer.
- Atocha Aliseda. (2013). *¿Inteligencia mecánica? La pregunta de Alan Turing.*
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/64_4/PDF/InteligenciaMecanica.pdf
- Bates, T. (2019). *Enseñar en la era digital: directrices para diseñar la enseñanza y el aprendizaje* (2^a ed.). BC Campus. Recuperado de <https://pressbooks.bccampus.ca/teachinginadigitalagev2/>
- Bernilla Rodríguez, E. B. (2024). Docentes ante la inteligencia artificial en una universidad pública del norte del Perú. *Educación*, 33(64), 8-28. <https://doi.org/10.18800/educacion.202401.M001>
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D., Wu, J., Winter, C., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 1877-1901.
- Bruner, J. (1996). *La cultura de la educación*. Harvard University Press. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/j.ctv136c601>
- Coller, X. (2005). *Estudio de casos*. Cuadernos metodológicos. Recuperado de <https://entremetodos.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/03/estudiodecasos-coller.pdf>
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2017). *Implicaciones para la práctica educativa de la ciencia del aprendizaje y el desarrollo*. Ciencia del Desarrollo Aplicada, 21(3), 150-171.
- EDUCAUSE. (2025). *Inteligencia Artificial (IA)*. EDUCAUSE. Recuperado de <https://library.educause.edu/topics/infrastructure-and-research-technologies/artificial-intelligence-ai>
- García, R., & Wiches, J. (2020). *La educación superior en el siglo XXI: Retos y perspectivas*. Editorial Universitaria. Recuperado de https://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/la_educacion_superior_en_colombia_retos_y_perspectivas_en_el_siglo_xxi.pdf
- Gerring, J. (2017). *Case study research: Principles and practices* (2nd ed.). Cambridge University Press. Recuperado de <https://www.ocw.upj.ac.id/files/Slide-PSG301-Case-study-Research.pdf>
- Isea Arguelles, J. J., Duque Rodríguez, J. A., Piña Ferrer, L. S., & Atencio González, R. E. (2024). *Ánalisis de la inteligencia artificial en la transformación de la enseñanza y aprendizaje educativa*. Revista Conrado, 20(100), 179-185.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2021). *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition* (3rd ed.). Pearson.
- Knight, J. (2015). Internationalization of higher education: A conceptual framework. En M. A. Peters & E. L. B. Olssen (Eds.), *Education in the age of the knowledge economy* (pp. 241-258). Springer. Recuperado de <http://www.ocw.upj.ac.id/files/Slide-PSG301-Case-study-Research.pdf>
- Kukulska-Hulme, A. (2012). El aprendizaje móvil y el futuro del aprendizaje. *Revista Internacional de Aprendizaje Móvil y Combinado*, 4(4), 1-10. Recuperado de <https://sci-hub.se/downloads/2020-10-05/2f/10.1002@9781405198431.wbeal0768.pub2.pdf>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). *Una propuesta para el proyecto de investigación de verano de Dartmouth sobre inteligencia artificial*. Revista AI, 27(4), 12-14.
- Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 345-375. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1146/annurev.psych.49.1.345>

- Remenyi, D. (2012). *Case study research*. Academic Publishing International. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/362749898> Case Study Research The Quick Guide Series
- Romero, M., Romeu, T., Guitert, M., & Baután, P. (2023). *La transformación digital en la educación superior: el caso de la UOC*. RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 26(1), 163-179. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.33998>
- Salazar, J. M. (2021). *El papel de la educación superior en la sociedad: un nuevo enfoque*. Revista de Educación e Investigación, 9(2), 45-60. <https://doi.org/10.1234/resup.2021.0523>
- Secretaría de cultura. (2020). *Alan Turing, el padre de la inteligencia artificial*. <https://www.cultura.gob.ar/alan-turing-el-padre-de-la-inteligencia-artificial-9162/>
- Siemens, G. (2013). Analítica del aprendizaje: El surgimiento de una disciplina. *Científico Conductual Americano*, 57(10), 1380-1400.
- Szeliski, R. (2010). *Computer vision: Algorithms and applications*. Springer.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. McGraw-Hill.
- Tuning Project. (2004). *Tuning Educational Structures in Europe: Final Report*. Universidad de Deusto. Recuperado de https://tuningacademy.org/wp-content/uploads/2014/02/TuningEUI_Final-Report_SP.pdf
- UNESCO. (2020). *Informe global sobre la educación superior*. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/educacion-superior>
- UNESCO. (2024). *Qué debe saber acerca de la educación superior*. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/higher-education/need-know>
- Yin, R. (2014). *Case study research: Design and methods* (5^a ed.). Sage. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/308385754> Robert K Yin 2014 Case Study Research Design and Methods 5th ed Thousand Oaks CA Sage 282 pages
- Zeichner, K. (2012). *Una vez más, el giro hacia la formación docente basada en la práctica*. Revista de Formación del Profesorado, 63(5), 376-382.

Desarrollo sostenible de desechos humanos en el espacio: un caso de estudio de los alumnos de ingeniería en sistemas computacionales de instituto tecnológico de Mexicali

Sustainable development of human waste in space: a case study of computer systems engineering students from the Technological Institute of Mexicali

Jesús Francisco Gutiérrez Ocampo

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mexicali
gutierrezocampo@itmexicali.edu.mx

Rigoberto Reyes Valenzuela

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mexicali
rigobertoreyes@itmexicali.edu.mx

José Antonio Camaño Quevedo

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Mexicali
a.camano@itmexicali.edu.mx

Resumen

El reto de los próximos viajes espaciales es la aplicación del Desarrollo sostenible de desechos humanos en el espacio, el cual comprende diversos procesos, como lo son: lyophilización, biodiésel, arena para cemento, eliminación de gases de efecto invernadero, biosólidos, pirolisis, biocarbono, biogás, hidrotermico. Esta investigación consistió en determinar cuáles procesos serían los más adecuados de acuerdo a los resultados de una encuesta aplicada a los alumnos de Ingeniería en sistemas computacionales del instituto tecnológico de Mexicali: y, ya determinado el proceso en una segunda parte desarrollar el prototipo a instalar en las naves espaciales.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; desechos humanos; espacio.

Abstract

The challenge of the next space trips is the application of the sustainable development of human waste in space, which includes various processes, such as: lyophilization, biodiesel, sand for cement, elimination of greenhouse gases, biosolids, pyrolysis, biocarbon, biogas, hydrothermal processes. This research consisted of determining which processes would be the most appropriate according to the results of a survey applied to the students of Computer Systems Engineering of the Technological Institute of Mexicali, and, once the process was determined, the second part consisted of developing the prototype to be installed in the spaceships.

Keywords: Sustainable development; human waste; space.

Introducción

En aproximadamente 6 años iniciarán los viajes interplanetarios con seres humanos, hacia el planeta Marte. Se calcula que, a la velocidad actual de las naves espaciales, el viaje durará aproximadamente un año y tres meses, en consecuencia, es necesaria la aplicación de procesos de desarrollo sostenible de desechos humanos en el espacio, estos actualmente son diversos y hay que seleccionar el más apropiado para las condiciones de la débil gravedad en el espacio.

A continuación, se describen los diferentes procesos: liofilización, biodiésel, arena para cemento, eliminación de gases de efecto invernadero, biosólidos, pirolisis, biocarbono, biogás, hidrotérmico.

Liofilizar: Separar el agua de una sustancia, o de una disolución, mediante congelación y posterior sublimación a presión reducida del hielo formado, para dar lugar a un material esponjoso que se disuelve posteriormente con facilidad. Se utiliza en la deshidratación de los alimentos, materiales biológicos y otros productos sensibles al calor (ASALE & RAE, 2025).

Biodiésel: Biocarburante usado como sustituto del gasóleo (ASALE & RAE, 2025).

Materiales de construcción hechos con residuos: Ejemplo arena para cemento (Aplicar La Economía Circular a Los Desechos de La Industria Y Del Consumo H, n.d.).

Eliminación de gases de efecto invernadero: La remoción de dióxido de carbono (CDR) es la práctica de eliminar dióxido de carbono (CO₂) del aire ambiente y los océanos. Una vez eliminado, el CO₂ puede ser almacenado durante mucho tiempo (es decir, secuestrado) o transformado y utilizado para otros fines (es decir, utilización). (Remoción de Dióxido de Carbono - Bing, 2024).

Biosolidos: es un subproducto generado del tratamiento de aguas residuales, que contiene materia orgánica y nutrientes. Se utiliza principalmente como fertilizante en la agricultura y la jardinería, mejorando la calidad del suelo y promoviendo una gestión sostenible de los desechos. Su uso está regulado para asegurar la seguridad ambiental (Industriapedia, 2024).

Pirolisis: Es el proceso en el que se produce la degradación de la biomasa por medio del efecto del calor sin que se necesite la presencia de oxígeno, es decir, es un proceso que ocurre en una atmósfera completamente inerte (Pirólisis | Qué Es, Definición, Tipos, Proceso, Ejemplos, Importancia, 2018).

Biocarbono: Es lo que se obtiene al calentar biomasa. Cuando se queman los desechos de plantas o cultivos se libera el dióxido de carbono que las plantas almacenaron durante su vida, del mismo modo que lo hace la composta (ExpokNews, 2009).

Biogás: Es una energía renovable que procede de la transformación de residuos orgánicos en energía en forma de gas. (BBVA, n.d.).

Hidrotérmico: Es una fuente de energía renovable que utiliza las aguas oceánicas profundas más frías, y las aguas superficiales más cálidas, para mover una máquina térmica y producir trabajo útil y generar electricidad (Bismarks, 2019).

Materiales y métodos

El primer material utilizado fue la matriz de congruencia, que basada en los diferentes métodos usados para el desarrollo sostenible, nos permitirán elaborar las preguntas requeridas en esta investigación, las cuales describirán los hallazgos de manera cuantitativa.

El cuestionario obtenido es de 10 preguntas sobre los diferentes métodos utilizados para el desarrollo sostenible, iniciando con el liofilización, y llegando hasta el proceso hidrotérmico, las diferentes opciones de respuesta son: "Las opciones de respuesta son: 'Totalmente de acuerdo', 'De acuerdo', 'Un poco de acuerdo', 'Un poco en desacuerdo', 'En desacuerdo' y 'Totalmente en desacuerdo'. las cuales están diseñadas para ser no intrusivas y de fácil comprensión para los estudiantes. El cuestionario se aplicará a la muestra científica seleccionada y la plataforma fue Survey Monkey, por ser una plataforma que nos genera la estadística básica de cada una de las preguntas del cuestionario, generando unos resultados científicamente probados, y validado lo cual nos garantiza la seriedad de su aplicación. El cuestionario se distribuirá vía correo electrónico y esta validada su respuesta por el mac address de la tarjeta de red de la computadora que fue usada para contestarlo evitando más de una respuesta por pc.

Desarrollo

En 1987, se instauró por primera vez la definición de "desarrollo sustentable" en el "Informe Brundtland", elaborado por las Naciones Unidas y la Comisión Mundial de Medio Ambiente. El desarrollo sustentable se conceptualiza como aquella tendencia que satisface las necesidades del presente sin involucrar los recursos y sin atrofiar el hogar donde se desarrollarán generaciones futuras y que tengan la capacidad de satisfacer las necesidades de su entorno. (Arregui, 2010).

Partiendo de la década de los ochenta, es más perceptible la aparición de un nuevo concepto que no solo engloba el problema del medio ambiente, sino que además incluye otros problemas vinculados al desarrollo, tales como: lo social, lo financiero, lo político, lo ecológico; quiere decir que se trata de sostenibilidad, concepto que cubre todas las actividades que realiza el hombre en su dinámica de vida. (Sartori, Latrônico, & Campos, 2014)

La mayor parte de los problemas alrededor del mundo tienen que ver con la falta de sustentabilidad, por ello es imprescindible abordar desde una perspectiva interdisciplinaria disciplinas científicas, naturales y sociales, vinculándolas a la política, los negocios, la administración y la sociedad civil. (Enders & Remig, 2014)

El desarrollo sustentable principalmente se explica mediante factores socioeconómicos que tratan sobre el crecimiento económico y los niveles de sustentabilidad. Además, el desarrollo sustentable no puede ser considerado como un bien físico, es algo intangible ya que su metas y objetivos

se los pueden alcanzar a largo plazo y en cualquier etapa. Refiriéndose a tener un mejor equilibrio entre factores que permitan alcanzar el objetivo deseado. (Álvarez & Vargas-Hernández, 2012)

La sostenibilidad tiene el propósito de proteger los recursos de una determinada población para que esto no afecte a las próximas generaciones fomentando un crecimiento económico, debido a que actualmente en varias partes del mundo se presenta una gran escasez de recursos que afectan en el entorno ecológico a las actividades humanas y por ello se han tratado de buscar una conexión con el desarrollo para tratar de disminuir la pobreza.

El deterioro generado de la naturaleza, el aumento de virus que afectan a la salud de la población, la escasez de alimentos, agua, materia prima y un aumento en la incidencia de desastres naturales ha aumentado la preocupación por los problemas medio ambientales en todos los países del mundo. (Alaña Castillo, Capa Benítez, & Sotomayor Pereira, 2017).

Es por todas estas teorías que el desarrollo sostenible de los desechos humanos en el espacio y en especial en los próximos viajes interplanetarios son prioritarios para nuestra humanidad.

Cuestionario

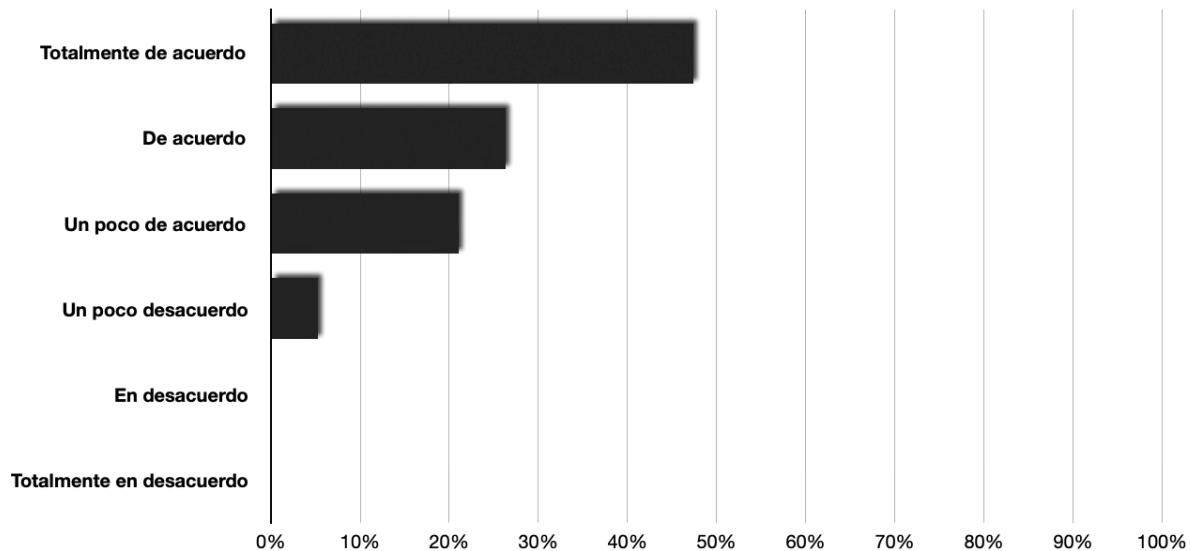
- 1.- Consideras el Liofilizado de los desechos humanos como una forma de generar energía.
- 2.- Consideras que Biodiesel generado de los desechos humanos, es una tecnología sostenible.
- 3.- Consideras importante que los desechos humanos liofilizados sirvan como arena para cemento.
- 4.- Consideras que el Liofilizado de los desechos humanos elimina el Metano y el Dioxido de carbono causantes de los gases de efecto invernadero.
- 5.- Los abonos biosólidos generados con el Liofilizado de los desechos humanos, ayudan a la agricultura
- 6.- Consideras la pirolisis un proceso importante para generar biocombustible con los desechos humanos.
- 7.- Consideras el biocarbono generado por los desechos humanos como un buen material para el desarrollo sustentable.
- 8.- Consideras el Biogas generado por desechos humanos, como una fuente importante de energía renovable.
- 9.- Consideras que el proceso hidrotérmico de los desechos humanos, es eficiente para producir baterías para almacenamiento de energía.
- 10.- Conociendo los diferentes procesos para el desarrollo sostenible de desechos humanos, los consideras viable su implantación en naves espaciales.

Respuestas

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Un poco de acuerdo
- Un poco en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

Muestra: consistió en aplicar 19 encuestas que es el .05 del universo del total de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Mexicali, que es de 385 alumnos.

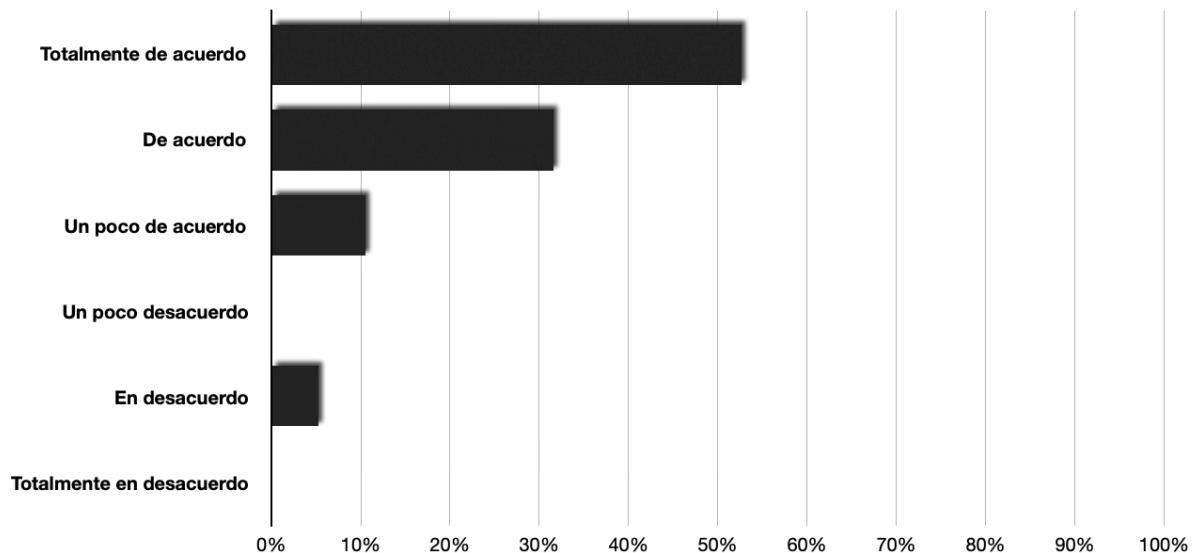
Figura 1. Consideras el Liofilizado de los derechos humanos como una forma de generar energía.



ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	400	400	1.84	0.93

Figura 2. Consideras que Biodiesel generado de los desechos humanos, es una tecnología sostenible.

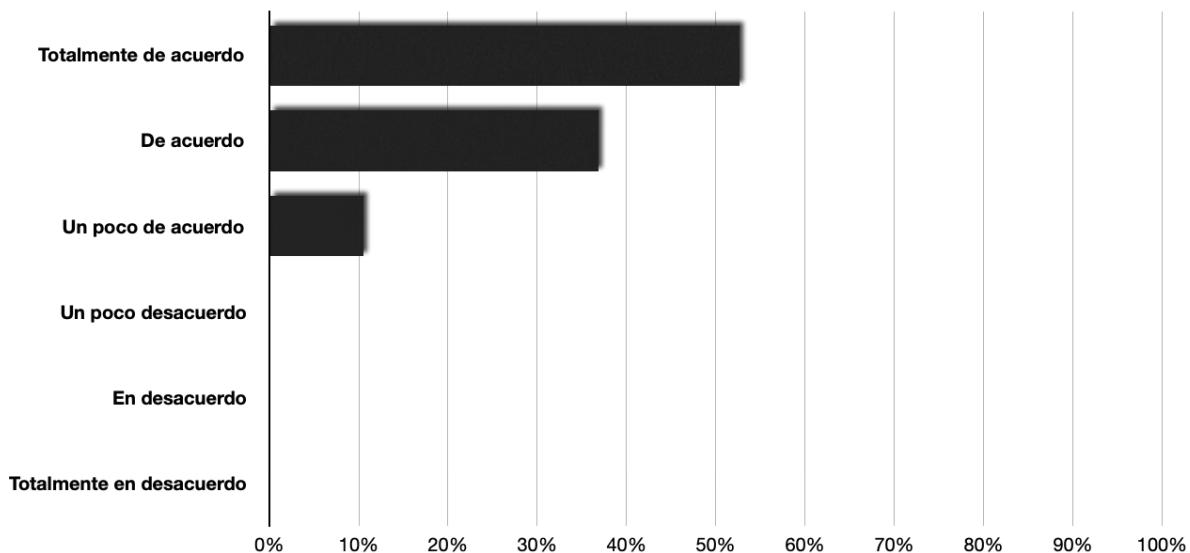


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	52.63%	10
DE ACUERDO	31.58%	6
UN POCO DE ACUERDO	10.53%	2
UN POCO DESACUERDO	0%	0
EN DESACUERDO	5.26%	1
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL		19

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Máximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	5,00	1,00	1,74	1,02

Figura 3. Consideras importante que los desechos humanos liofilizados sirvan como arena para cemento.



OPCIONES DE RESPUESTA

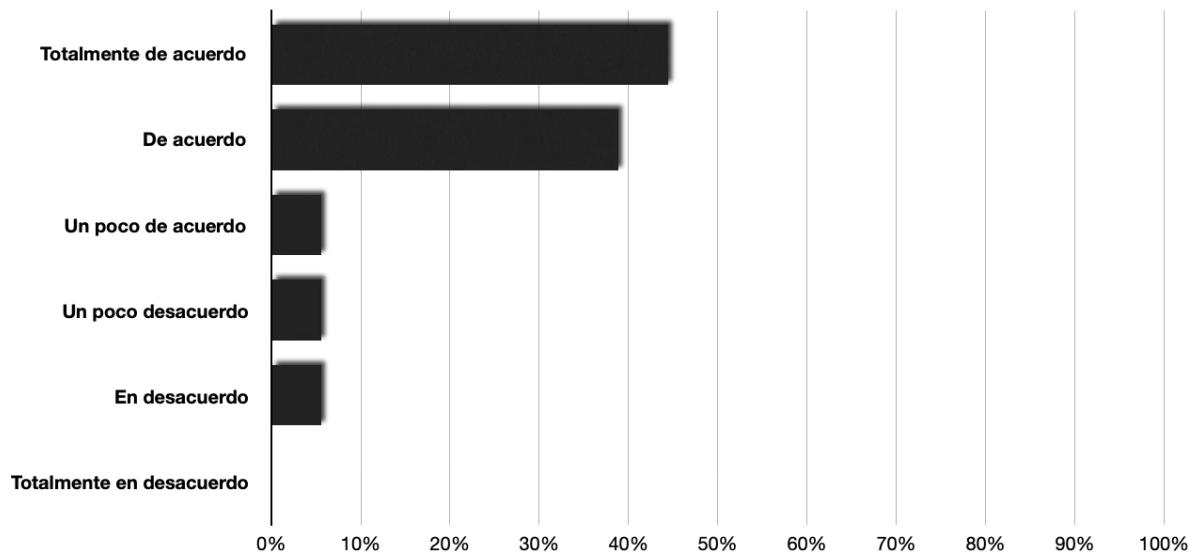
RESPUESTAS

TOTALMENTE DE ACUERDO	52.63%	10
DE ACUERDO	36.84%	7
UN POCO DE ACUERDO	10.53%	2
UN POCO DESACUERDO	0%	0
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL		19

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estandar
1,00	3,00	1,00	1,58	0,67

Figura 4 Consideras que el Liofilizado de los desechos humanos elimina el Metano y el Dioxido de carbono causante de los gases de efecto invernadero.

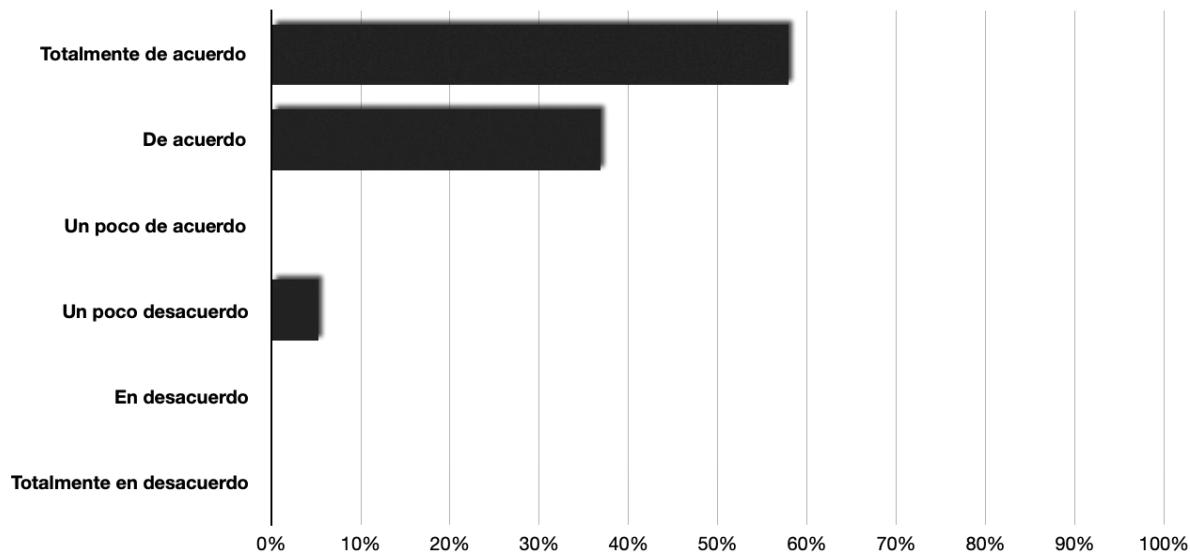


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
TOTALMENTE DE ACUERDO	44.44% 8
DE ACUERDO	38.89% 7
UN POCO DE ACUERDO	5.56% 1
UN POCO DESACUERDO	5.56% 1
EN DESACUERDO	5.56% 1
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0% 0
TOTAL	18

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	5,00	2,00	1,89	1,10

Figura 5 Los abonos biosolidos generados con el Liofilizado de los derechos humanos, ayudan a la agricultura.

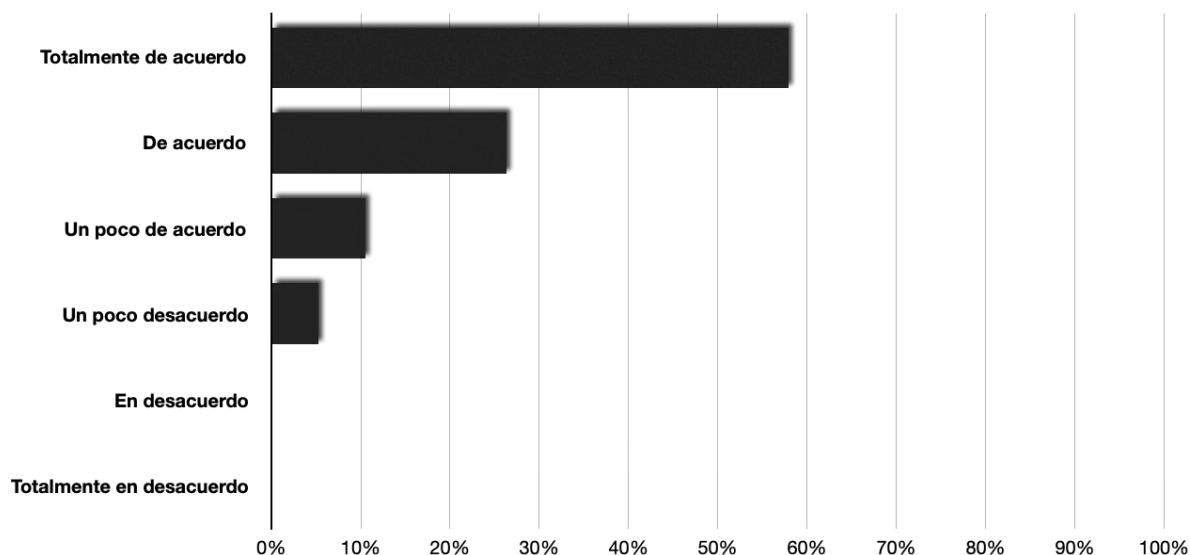


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTA S	
TOTALMENTE DE ACUERDO	5.89%	11
DE ACUERDO	36.84%	7
UN POCO DE ACUERDO	0%	0
UN POCO DESACUERDO	5.26%	1
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL	19	

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Máximo	Mediana	Media	Desviación estndar
1,00	4,00	1,00	1,53	0,75

Figura 6 Consideras la pirolisis un proceso importante para generar biocombustible con los desechos humanos.

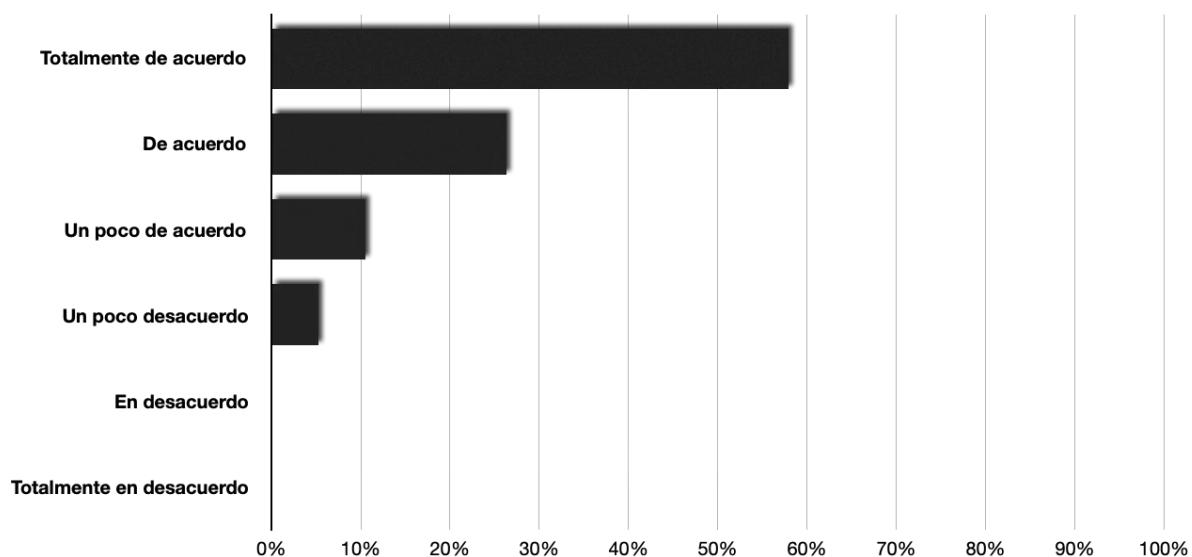


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	57.89%	11
DE ACUERDO	26.32%	5
UN POCO DE ACUERDO	10.53%	2
UN POCO DESACUERDO	5.26%	1
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL	19	

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	4,00	1,00	1,63	0,87

Figura 7. Consideras el biocarbono generado por los desechos humanos como un buen material para el desarrollo sustentable.

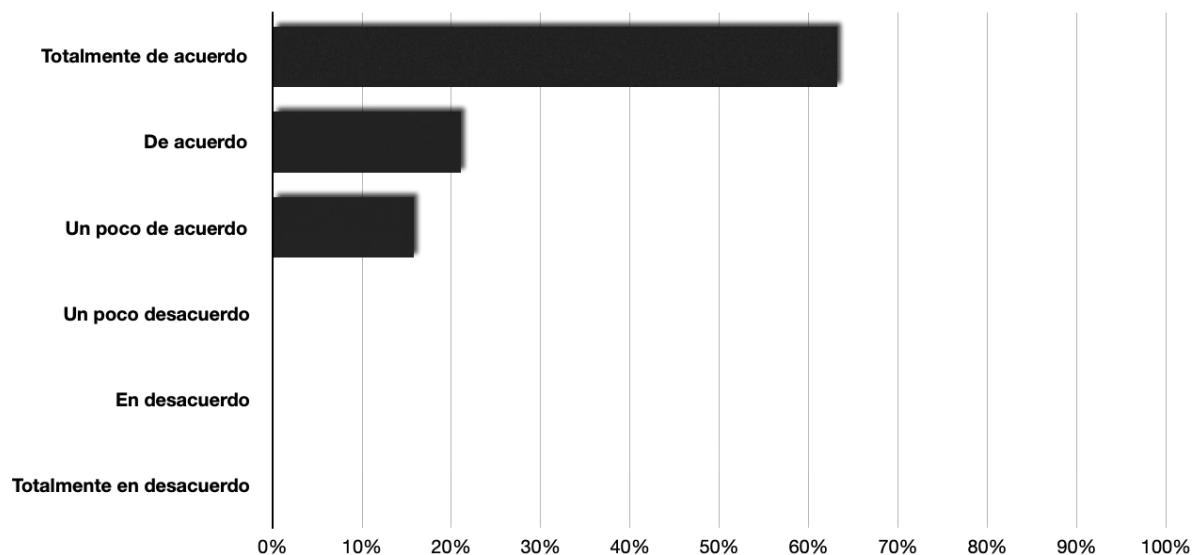


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	57.89%	11
DE ACUERDO	26.32%	5
UN POCO DE ACUERDO	10.53%	2
UN POCO DESACUERDO	5.26%	1
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL	19	

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estandar
1,00	4,00	1,00	1,63	0,87

Figura 8. Consideras el Biogás generado por desechos humanos, como una fuente importante de energía renovable

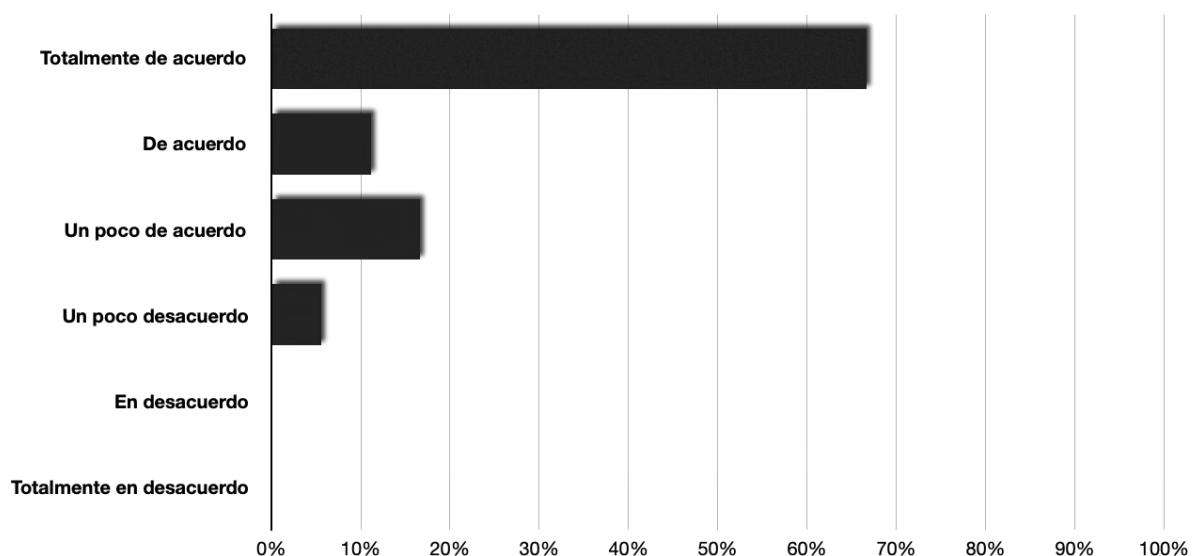


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	63.16 %	12
DE ACUERDO	21.05%	4
UN POCO DE ACUERDO	15.79%	3
UN POCO DESACUERDO	0%	0
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL	19	

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estándar
1,00	3,00	1,00	1,53	0,75

Figura 9. Consideras que el proceso hidrotérmico de los desechos humanos, es eficiente para producir bacterias para almacenamiento de energía.

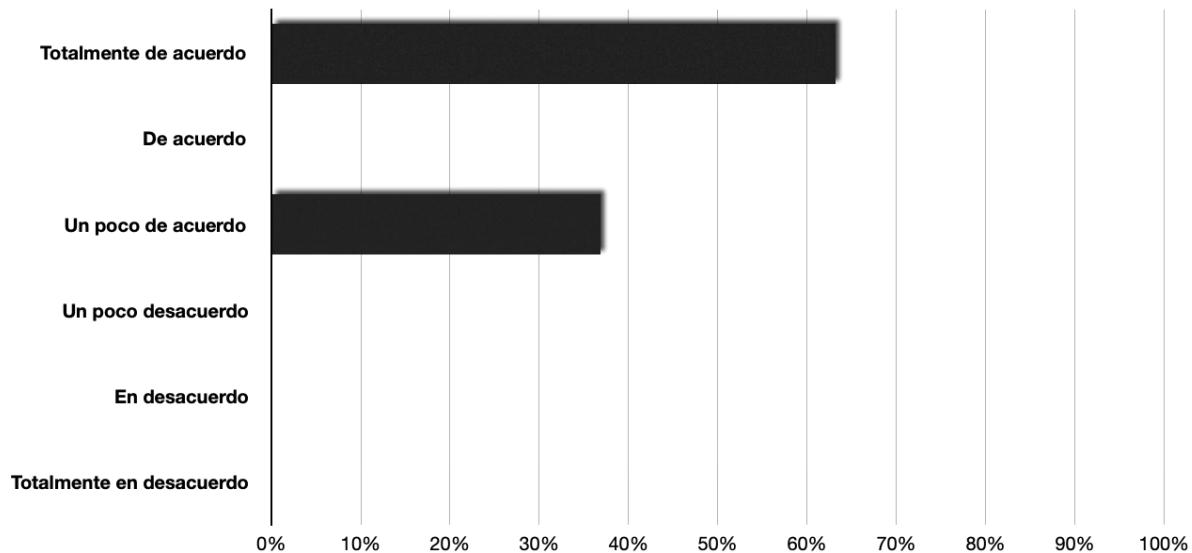


OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	66.67 %	12
DE ACUERDO	11.11%	2
UN POCO DE ACUERDO	16.67%	3
UN POCO DESACUERDO	5.56%	1
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL	18	

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estandar
1,00	4,00	1,00	1,61	0,95

Figura 10. Conociendo los diferentes procesos para el desarrollo sostenible de desechos humanos, los consideras viable su implantación en naves espaciales.



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS	
TOTALMENTE DE ACUERDO	63.16 %	12
DE ACUERDO	0%	0
UN POCO DE ACUERDO	36.84%	7
UN POCO DESACUERDO	0%	0
EN DESACUERDO	0%	0
TOTALMENTE EN DESACUERDO	0%	0
TOTAL		19

ESTADÍSTICA BÁSICA

MINIMO	Maximo	Mediana	Media	Desviación estandar
1,00	3,00	1,00	1,74	0,96

Conclusión

En esta investigación cuantitativa, los resultados fueron descritos de la siguiente manera, en lo referente al Liofilizado de los desechos humanos como una forma de generar energía, el 98% estuvo de acuerdo, lo que nos indica la importancia de este proceso para manejar los desechos, además también el 98% estuvo de acuerdo en que el Biodiesel generado de los desechos humanos, es una tecnología sostenible, en cuanto a los desechos humanos liofilizados sirvan como arena para cemento el 100% estuvo de acuerdo, en lo referente al Liofilizado de los desechos humanos elimina el Metano y el Dióxido de carbono causantes de los gases de efecto invernadero el 98% estuvo de acuerdo, en cuanto a si los abonos biosólidos generados con el Liofilizado de los desechos humanos, ayudan a la agricultura el 97% estuvo de acuerdo, de la pirolisis como un proceso importante para generar biocombustible con los desechos humanos el 97% estuvo de acuerdo, sobre si consideras el biocarbono generado por los desechos humanos como un buen material para el desarrollo sustentable el 98% estuvo de acuerdo, sobre si consideras el Biogas generado por desechos humanos, como una fuente importante de energía renovable el 100% estuvo de acuerdo, en cuanto a si consideras que el proceso hidrotérmico de los desechos humanos, es eficiente para producir baterías para almacenamiento de energía el 98% estuvo de acuerdo, entonces conociendo los diferentes procesos para el desarrollo sostenible de desechos humanos, los consideras viable su implantación en naves espaciales las respuestas fueron 100% de acuerdo, todo lo que encontramos como resultado de esta investigación nos señala que vamos por un buen camino para empezar con la fase 2 que es la construcción del prototipo funcional, el cual consideramos que será una pieza prioritaria para el manejo de deshecho humanos en el espacio.

Futuras líneas de investigación

Esta investigación nos muestra las diferentes técnicas para el desarrollo sostenible en el espacio, las cuales son indispensables para lograr una atmósfera saludable y sustentable, para los próximos viajes interplanetarios de los seres humanos.

Referencias

- Cómo elaborar proyectos: Diseño, ejecución y evaluación de Proyectos sociales y educativos. (4a ed.). Bogotá: Cooperativa editorial magisterio.
- Domínguez Gutiérrez Silvia. (2002). Guía para elaborar y evaluar protocolos y trabajos de investigación. México: Universidad de Guadalajara.
- Earl Babie. (2000). Fundamentos de investigación social. México: Internacional Thompson Editores.
- Eyssautier de la Mora, Maurice. (2006). Metodología de la Investigación, desarrollo de la inteligencia. 5a Ed. Ed. México CENGAGE Learning.
- Gutiérrez Álvarez, Ángela María. (2004). Investigación y desarrollo en Ingenierías. Cómo elaborar un proyecto. Bogotá: Universidad el Bosque.
- Hernández Sampieri, Roberto., Fernández, Carlo. Baptista, Pilar. (2010) Metodología de la Investigación-5a. México: Mc. Graw Hill.
- Hernández Sampieri, Fernández Collado, Pilar Baptista. (2008). Fundamentos de metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill.
- Kerlinger, Fred. (1999). Investigación del comportamiento. México: MGH Interamericana. Laure, F. (2002). Técnicas de presentación, CECSA: México.
- Loredo Javier. (S/F). El proyecto de investigación, orientaciones para su elaboración/ Documento de Trabajo/ Món/ Documento de Trabajo/ México. UPN
- Martínez Aureoles, Bernardo y Almeida Acosta, Eduardo. (2006). Cómo organizar un trabajo de investigación. México: Universidad Iberoamericana Puebla.
- Martínez Chávez, Víctor Manuel. (2004). Fundamentos teóricos para el proceso del diseño de un protocolo en investigación. (2a ed.). México: Plaza y Valdés.
- Martínez Patiño, Elías. (2004). Elaboración de textos académicos. México: CIIDET.
- Méndez A. Carlos E. (1995). Metodología. Guía para elaborar diseños de investigación em ciencias económicas, contables y administrativas. México: MGH.
- Namakforoosh, M. (2008). Metodología de la investigación, Limusa: México.
- Ocegueda Mercado Corina Guillermina. (2007). Metodología de la investigación. México: Anaya editores.
- Ortiz Hernández, Mateo y Durán Mendoza Temani (2008) Guía para presentar anteproyectos de investigación (protocolo). Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
<http://www.archivos.ujat.mx/Rios/carreras/alimentos/GuiaAnteproyecto.pdf>
- Ortiz Uribe, Frida Gisela, María del Pilar García. (2003) Metodología de la investigación: el proceso y sus técnicas. México: Limusa.

Análisis Comparativo de la Inteligencia Competitiva y la Capacidad De Innovación en Empresas de México

Comparative Analysis of Competitive Intelligence and Innovation Capacity in Mexican Companies

Jorge Adolfo Pinto Santos

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

jorge.ps@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9614-2764>

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de La Laguna

eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

manuel.rm1@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-8922-4718>

Resumen

Una organización tiene como propósito el optimizar sus estrategias para mejorar la competitividad. Para ello, es importante contar con información, como resultados del análisis de problemas, establecimiento de estrategias y resultados fiables para la toma de decisiones. Esto puede lograrse mediante técnicas sobre el análisis de la inteligencia competitiva (IC). La IC considera un proceso donde se genere y se comunique la inteligencia que se ha desarrollado en la organización, aplicándola en las fases de planificación, recopilación de datos, procesamiento de información y en el análisis ético y legal de los resultados del análisis holístico empresarial. Pellissier y Nenzhelele (2013), señalan que, en la toma de decisiones, a través de la IC es posible transformarla en una ventaja competitiva. Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura para explorar las tendencias actuales en la práctica de la IC en México (2016–2022), así como el análisis mediante la aplicación de la metodología de las ecuaciones estructurales para analizar los factores relevantes de la Inteligencia competitiva. Asimismo, se presenta un análisis comparativo de los resultados entre distintas regiones de México.

Palabras Clave: Inteligencia Competitiva; meta-análisis; Ecuaciones Estructurales; Factores críticos de éxito.

Abstract

An organization's purpose is to optimize its strategies to improve competitiveness. This requires access to information, including problem analysis results, strategy development, and reliable data for decision-making. This can be achieved through techniques on competitive intelligence (CI) analysis. CI considers a process where intelligence generated within the organization is communicated and applied it in the planning phases, data collection, information processing, and in the ethical and legal analysis of the

results of the holistic business analysis. Pellissier and Nenzhelele (2013) point out that CI facilitates decision-making and helps achieve a competitive advantage. A systematic literature review was conducted to explore current trends in IC practice in Mexico (2016-2022), as well as the analysis through the application of the methodology of structural equations to analyze the relevant factors of competitive intelligence. A comparative analysis of the results between different regions of Mexico is also presented.

Key words

Competitive Intelligence, meta-analysis, structural equations, critical success factors.

Introducción

Las organizaciones requieren para mantenerse en la competencia global, el contar con información útil que le permita desarrollar estrategias y tomar de decisiones de forma efectiva, esto les permitirá mantener su participación en los mercados. De acuerdo con Barters (2015) y Tej Adidam et al. (2012), uno de los aspectos que impulsan a las organizaciones a implementar sistemas que le permitan gestionar la información de forma dinámica son la velocidad del cambio tecnológico que se vive actualmente, así como la globalización de los mercados. Esto les facilita analizar los datos obtenidos y es posible convertirlos en inteligencia. Para lograr una ventaja competitiva en las organizaciones existen distintos tipos de inteligencia: la inteligencia competitiva (IC), inteligencia de mercado (IM) e inteligencia de negocios (IB), además de otras complementarias como lo son: la inteligencia del cliente, inteligencia estratégica e inteligencia técnica (Lönnqvist & Pirttimäki, 2006; citado en Usaquén et al., 2020).

En lo que respecta a la IC existe una diversidad de definiciones que son descritas por Morcillo (2003), a continuación, se detallan algunas de ellas:

“La IC es el sistema de aprendizaje sobre las capacidades y comportamientos de los competidores actuales y potenciales con objeto de ayudar a los responsables en la toma de decisión estratégica”. (Shrivastava y Grant, 1985).

“La IC es el acceso a tiempo al conocimiento e información relevantes en las distintas fases de la toma de decisión”. (Gilad, 1992).

“La IC es el proceso de obtención, análisis, interpretación y difusión de información de valor estratégico sobre la industria y los competidores, que se transmite a los responsables de la toma de decisión en el momento oportuno”. (Gibbons y Prescott, 1996).

Según Calof y Smith (2010), la IC es un componente importante de la forma de hacer negocios en América del Norte, los cambios tecnológicos han generado la necesidad de mantenerse en los mercados globales y reducir los riesgos asociados, además de invertir en tecnología de vanguardia para ser más productivos. Para Nasri (2012), el desarrollo de la IC considera el monitoreo de la información general del entorno empresarial, la recopilación de datos, su análisis, así como la comunicación de la inteligencia que respalda la toma de decisiones que permite aumentar la competitividad y mejorar el posicionamiento de la organización en los mercados. Nasri y Zairi (2013), mencionan que los cambios actuales imponen una mayor presión y establecen limitaciones a las organizaciones, por lo tanto, la

competitividad dependerá de la capacidad de dar seguimiento y la adaptación de las estrategias que estén sustentadas en la información obtenida de la IC del entorno empresarial.

Metodología

Esta investigación se llevó a cabo en tres pasos:

1). Revisión de la literatura y elaboración de una lista de los factores de la IC, la Gestión del Conocimiento (GC), el Capital Intelectual (CI) y la Capacidad de Innovación (CIn). Con la lista de factores, se construye, se prueba y evalúa un cuestionario, además de estimar la confiabilidad interna.

2). Análisis exploratorio inicial, el cual permitirá obtener valores atípicos utilizando el método de distancia de Mahalanobis. Posteriormente, se realizó una prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para el ajuste de la muestra y una prueba de esfericidad de Bartlett de las correlaciones, lo que permite determinar su idoneidad para el modelado.

3). Modelado con ecuaciones estructurales, se inicia con la especificación del modelo, seguido de la identificación, la estimación, la prueba del modelo y la modificación de Lomax y Schumacker (2012).

Se utiliza el modelado de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés), ya que es útil para el análisis de las relaciones entre las variables observadas (ítems) y las variables latentes (factores).

El SEM utiliza un enfoque confirmatorio para el análisis de la teoría relacionada con algunos fenómenos (Byrne, 2010). Se utiliza cada vez más porque los investigadores están conscientes de la necesidad de utilizar múltiples constructos o variables observadas para explicar los fenómenos en cuestión, investigando modelos teóricos más avanzados y complejos. El enfoque SEM se ha aplicado en varios campos del conocimiento en la búsqueda de predictores de efectividad en México. Por ejemplo, en el mantenimiento productivo total (Hernández et al., 2018), la filosofía organizacional (Dávila Soltero et al., 2017) y en el intercambio de matrices en un minuto (Romero y Noriega, 2011).

Tabla I. Dimensiones y sus factores críticos.

Dimensión	Factores críticos	Código	Referencias
Inteligencia Competitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de actividades de CI • La recopilación de información ambiental • El análisis de información para generar inteligencia • La administración de información útil (inteligencia) • Toma de decisiones basada en inteligencia • Gestión del talento del personal de CI 	IC01 IC02 IC03 IC04 IC05 IC06	Stefanikova et al. (2015); Dishman y Calof (2008); Rodríguez y Tello (2012); Fleisher y Wright (2009); Calof (2014); Peyrot et al. (2002); Nenzhelele (2014).
	• Sistema de información	GC01	

Gestión del conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión del factor humano • Empoderamiento de los empleados • Estructura organizacional • Intercambio de conocimientos 	GC02 GC03 GC04 GC05	Salojärvi et al. (2005); Ghannay et al. (2012); du Plessis (2007; Tzortzaki y Mihiotis (2014); Martins et al. (2003).
Capital intelectual	<ul style="list-style-type: none"> • HC: Nivel profesional • Formación y desarrollo • Actitud para compartir conocimientos • SC: Sistema de Información • Participación del personal • Capacidad de innovar • RC: Relación con clientes y proveedores • Alianzas estratégicas • Relación con organismos (públicos y privados) 	CI01 CI02 CI03 CI04 CI05 CI06 CI07 CI08 CI09	Díez et al. (2010); Díaz (2007); Sveiby (2001); Boekestein (2006); Santos-Rodríguez et al. (2011); Huang et al. (2010); Kianto et al. (2017).
Capacidad de innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de ideas • Generación de nuevos conceptos • Generación de nuevos productos • Generación de nuevos procesos • Propiedad intelectual 	Cln01 Cln02 Cln03 Cln04 Cln05	Robledo et al. (2010); Lugones et al. (2007); Güemes y Rodríguez (2007); Dodgson et al. (2008); Tidd y Bessant (2009).

Fuente: Elaboración Propia

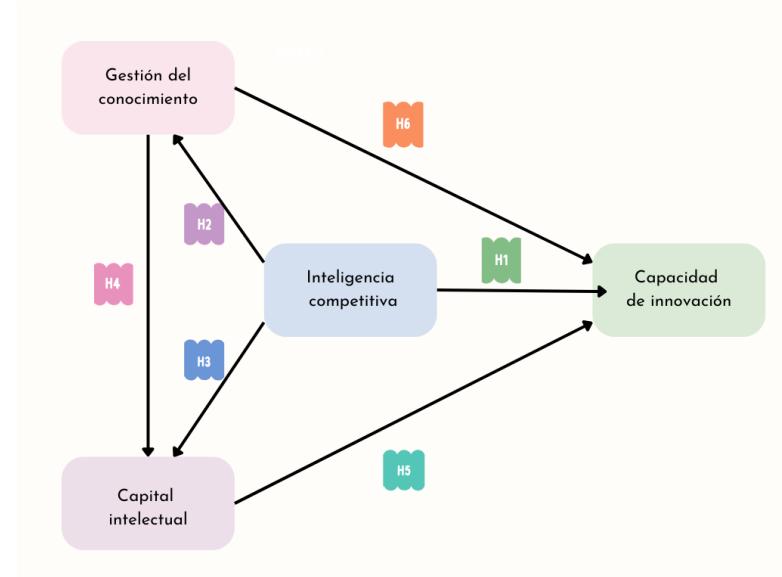
La metodología tiene un enfoque cuantitativo, con datos recopilados y análisis estadísticos se comprueban las hipótesis planteadas, con esto se logra mejorar la comprensión de los fenómenos (Malhotra, 2008; Hernández et al., 2014). El alcance que se establece en este proyecto de investigación es de tipo correlacional con el propósito de determinar la relación que existe entre dos o más factores y variables en su contexto específico. El tipo de diseño es no experimental y transversal, correlacional-causal, la recolección de datos es en un solo ensayo (Hernández et al., 2014). De la revisión de la literatura se identifican cuatro dimensiones o variables latentes y aquellos factores críticos que se mencionan con mayor frecuencia para cada una de las variables. En la Tabla I se muestran los ítems que serán usados para la medición, obteniéndose un conjunto de 26 ítems para la IC, GC, CI y la Cln. El método adoptado en esta investigación sigue los lineamientos establecidos en Poblano-Ojinaga (2021) y se describe brevemente a continuación.

El modelo estructural hipotético

Esta investigación adopta una metodología cuantitativa para validar estadísticamente sus hallazgos. El modelo estructural hipotético se presenta en la Figura 1. Las relaciones causales entre estos factores se basan en las siguientes hipótesis estadísticas, construidas partir de las definiciones teóricas anteriores:

- H_1 : La inteligencia competitiva impacta en la capacidad de innovación;
 H_2 : La Inteligencia Competitiva impacta en la Gestión del Conocimiento;
 H_3 : La Inteligencia Competitiva impacta en el Capital Intelectual;
 H_4 : La gestión del conocimiento impacta en el capital intelectual;
 H_5 : El capital intelectual impacta en la capacidad de innovación;
 H_6 : La gestión del conocimiento impacta en la capacidad de innovación.

Figura 1. Modelo estructural hipotético para los factores GC, IC, CI y CIn



Fuente: Elaboración propia

El SEM predictivo corresponde a las ecuaciones de regresión (1), (2) y (3), donde los parámetros β_{ij} son valores por estimar y validar.

$$CIn = \beta_{11}IC + \beta_{12}CI + \beta_{13}GC \quad (1)$$

$$CI = \beta_{21}IC + \beta_{22}GC \quad (2)$$

$$GC = \beta_{31}IC \quad (3)$$

Los valores de los coeficientes $\beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}$ de la ecuación (1), corresponden, respectivamente, a los efectos que IC, CI y GC tienen sobre CIn, esto implica que un incremento de una unidad de IC resultará en un aumento de β_{11} unidades de CIn, este principio es aplicable a los coeficientes restantes de las ecuaciones (1), (2) y (3). De acuerdo con lo anterior, la gestión de las empresas que buscan incrementar su capacidad de innovación debe considerar el objetivo de estimar los valores de los coeficientes de estas tres ecuaciones. Conocer los valores de los coeficientes de la ecuación (1), permite a la alta dirección establecer estrategias para la implementación de acciones en la gestión de mejora de la capacidad de innovación de la empresa, ya que conocer, magnitud del incremento del CIn por cada unidad que aumenta el valor en las variables latentes IC, CI y GC, y realizar un análisis costo-beneficio,

permiten determinar, de manera eficiente, cuántos recursos asignar a cada una de estas tres variables latentes para lograr el objetivo de mejorar el nivel de su CIn.

Los valores de los coeficientes de las ecuaciones (1), (2) y (3) se pueden estimar utilizando los indicadores: efectos directos, estos valores se estiman sin tomar en consideración los efectos amplificadores o reductores que potencialmente pueden existir entre las variables exógenas del modelo estructural, por ejemplo, el efecto directo no considera el posible impacto que pueda tener la variable IC sobre la variable GC, a través de lo cual se genera un efecto indirecto, llevando a la amplificación o reducción, el efecto de GC sobre la variable CIn; efecto total, que es el resultado de la suma del efecto directo más el efecto indirecto de las relaciones causales consideradas en el modelo multivariado representado por estas tres ecuaciones. Bajo estas consideraciones, es recomendable analizar este modelo bajo el criterio de efectos totales, ya que hacerlo puede provocar que el modelo esté sesgado, es decir, los valores de los coeficientes del modelo pueden estar subvaluados o sobrevaluados, lo que lleva a toma de decisiones sesgada

Cuestionario

Para la recolección de datos se utiliza un cuestionario, el cual ha sido validado en contenido, confiabilidad y constructo previamente (Poblano-Ojinaga et al., 2019). Se consideran cinco categorías en escala Likert, que van desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo).

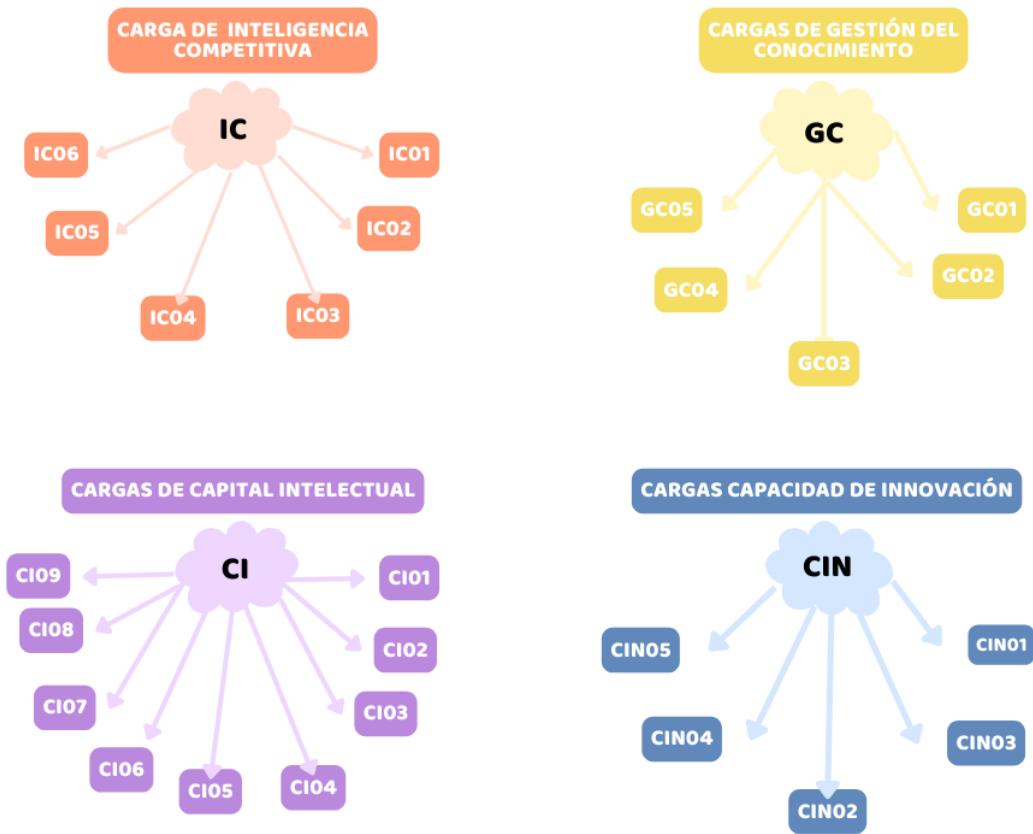
La recolección de datos muestrales se realizó mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los elementos de una muestra se seleccionan a través de un censo y con la voluntad de participar (Malhotra, 2008). El cuestionario se aplicó a gerentes y supervisores de empresas multinacionales productoras de autopartes, textiles y electrónica (Lloret-Segura et al., 2014).

Análisis de datos

Se usó el método de la distancia de Mahalanobis para la reducción del número de cuestionarios. Utilizando la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin arrojó 0.880, lo que indica correlaciones parciales bajas, midiendo como factor común. La Prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un valor de Chi-cuadrado = 1466.491, DF = 136, y p-value = 0.000, indicando que la matriz de correlaciones no es una identidad y presenta correlaciones altas, lo cual es aceptable (Levy et al., 2003).

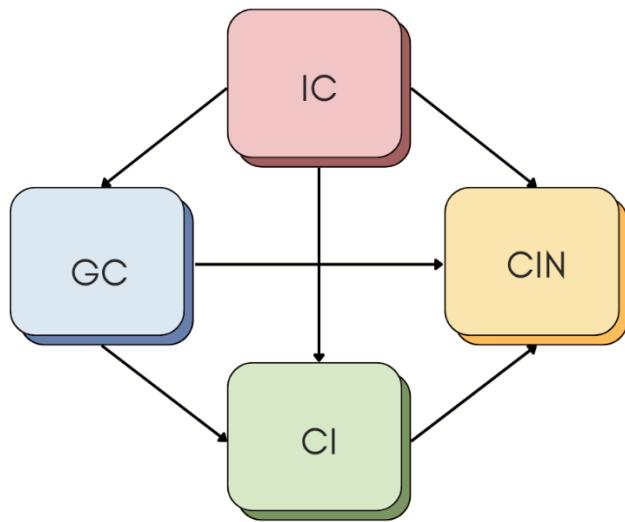
El análisis estadístico se realiza con el enfoque de SEM-PLS del paquete PLSPM del software RStudio, y de acuerdo con Sánchez (2013), la calidad se evalúa para los modelos de medición “externo” e “interno”. En el primer modelo, se evalúan la confiabilidad, la validez convergente y la validez discriminante del Instrumento de Medición (IM). En el segundo, se estiman y validan los coeficientes del modelo multivariado mediante métodos estadísticos, a través del método de Remuestreo o Bootstrapping. El modelo de medición “externo” muestra que las variables latentes son de naturaleza reflexiva, como se observa en la Figura 2; mientras que con el segundo modelo de medición. Las variables latentes son de relación causal, como se observa en la Figura 3.

Figura 2. Modelo de medición “externo”



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Modelo de medición “interno”



Fuente: Elaboración propia

La bondad o calidad del modelo estructural construido se evalúa con tres indicadores: Coeficiente de Determinación (R^2), que mide la capacidad explicativa, la cual se clasifica como: baja, si $R^2 < 0.30$; moderado si $0.30 \leq R^2 \leq 0.60$; alto, si $R^2 > 0.60$. No existe consenso sobre los rangos de clasificación, aunque se proponen rango alternativos como: bajo, si $R^2 < 0.20$; moderado si $0.20 \leq R^2 \leq 0.50$; alto, si $R^2 > 0.50$; Redundancia Promedio (RP), este indicador cuantifica el porcentaje de predicción en los valores en la variable endógena que se predicen de acuerdo a los valores observados en sus correspondientes variables exógenas, no existe un valor crítico para clasificar este indicador, aquí se asume que Cuanto mayor sea este valor, mejor será la capacidad de predicción (Sánchez, 2013); Modelo de Pseudo Bondad de Ajuste (G^F), con el cual se evalúa conjuntamente la capacidad de predicción del modelo estimado, la capacidad de predicción bajo este indicador se clasifica como pequeña, si $G^F < 0.10$; mediana, si $0.10 \leq G^F \leq 0.25$; alto, si $G^F > 0.25$ (Wetzel et al., 2009).

Resultados

Con base en los resultados empíricos, el modelo de medición “externo” es confiable, esto se verifica al observar en la Tabla II, los valores correspondientes a ρ ($\rho > 0.70$), alfa de Cronbach ($\alpha > 0.70$), el primer y segundo autovalor ($\epsilon_1 > 1$ y $\epsilon_2 < 1$), valores superiores a los parámetros establecidos para estos indicadores (Sánchez, 2013), asegurando con ello la confiabilidad.

Esto quiere decir que, en cada variable latente o constructo del IM, todos sus ítems están correlacionados entre sí, es decir, si una empresa tiene un nivel bajo de capital intelectual, entonces el IM le asignará a esta empresa una calificación baja en esta variable latente.

El modelo tiene validez convergente, ya que el valor del indicador Varianza Media Extraída (AVE), para cada uno de los constructos o variables latentes de este modelo, supera el valor del parámetro establecido para este indicador $AVE \geq 0.5$ (Sánchez, 2013).

Tabla II. Parámetros para la validación del modelo de medición exterior.

Construir	Código	Carga	CRA	α	ρ	ϵ_1	ϵ_2
IC	IC01	0.668	0.632	0.903	0.923	4.43	0.787
	IC02	0.813					
	IC03	0.858					
	IC04	0.803					
	IC05	0.789					
	IC06	0.834					
	IC07	0.787					
GC	GC01	0.744	0.581	0.82	0.874	2.91	0.751
	GC02	0.72					
	GC03	0.736					
	GC04	0.805					
	GC05	0.801					
CI	CI01	0.757	0.55	0.861	20.895	3.85	0.88
	CI02	0.802					
	CI03	0.71					
	CI04	0.8					
	CI05	0.819					
	CI06	0.669					
	CI07	0.609					
CIn	CIn01	0.755	0.564	0.866	0.866	2.84	0.926
	CIn02	0.871					
	CIn03	0.767					
	CIn04	0.734					
	CIn05	0.758					

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las variables reflectivas, esto indica que la variabilidad en los indicadores de cada constructo se debe a la variación de la variable latente y no al azar. Además, el valor de las cargas factoriales en los indicadores de cada variable latente presentan una magnitud mayor que el mostrado en las cargas cruzadas de estos indicadores con el resto de las variables latentes.

Tabla III. Valores de las inter-correlaciones y \sqrt{AVE} para cada constructo.

	IC	GC	CI	Cln
IC	0.794*			
GC	0.704	0.762*		
CI	0.732	0.739	0.741*	
Cln	0.397	0.534	0.586	0.750*

Fuente: Elaboración propia

También tiene validez discriminante, ya que los valores de las inter correlaciones de los constructos son menores que el valor de la raíz cuadrada de la AVE para cada uno de estos constructos considerados en la inter correlación, como se puede observar en la Tabla III. La validez discriminante de un IM es un indicador de que las variables latentes o constructos de este IM tienen una correlación adecuada entre sí, es decir, que la correlación no es lo suficientemente grande como para requerir su eliminación del modelo estructural. a uno de los constructos implicados en esta alta correlación; ni lo suficientemente pequeño, tal que no corresponda a una variable exógena del modelo (Aldás y Uriel, 2017). Dado lo anterior, se establece que la calidad del modelo de medición “externo” es adecuada, lo que permite ahora validar la calidad del modelo de medición externo.

En la Tabla III, muestra además los valores de los coeficientes de regresión o trayectoria del modelo de medición “INNER”, estimados con el método SEM-PLS, utilizando la función plspm de R-Studio. Se observa que cinco de los seis valores de los coeficientes de regresión estimados son estadísticamente significativos con un nivel de 0.01, lo cual se obtiene de los valores del “P-value” y los intervalos de confianza del 95% para cada uno de estos parámetros, estableciéndose así la significancia estadística de los valores de estos cinco parámetros.

De los resultados observados en la Tabla IV que contiene los valores de las trayectorias estimadas y su correspondiente validación estadística, se establece que los modelos de regresión establecidos en las ecuaciones (1), (2) y (3) se expresan en las siguientes ecuaciones de predicción.

Tabla IV. Valores de las trayectorias estimadas y su validación estadística.

Correlación	Valor estimado	Valor P	Valor de confianza 95%.
IC→Cln	-0.169	6.93×10^{-2}	-0.399 – 0.082
IC→GC	0.704*	6.67×10^{-29}	0.647 – 0.774
IC→CI	0.420*	3.60×10^{-10}	0.284 – 0.560
GC→Cln	0.282*	2.87×10^{-3}	0.049 – 0.467
GC→CI	0.444*	4.50×10^{-11}	0.306 – 0.577
CI→Cln	0.501*	6.94×10^{-7}	0.302 – 0.784

* $p < 0.01$

Fuente: Elaboración propia

Esta información muestra que la variable latente IC no aparece como variable predictora en la ecuación (4), esto como consecuencia de que este constructo no es estadísticamente significativo al 5%, bajo el indicador de efecto directo. Por lo tanto, es posible estimar o predecir las variables latentes expresadas como variables dependientes en estas tres ecuaciones.

$$CIn = 0.501CI + 0.282GC \quad (4)$$

$$CI = 0.420IC + 0.444GC \quad (5)$$

$$GC = 0.704IC \quad (6)$$

En la Tabla V se muestran los valores directos, indirectos y totales de los efectos de las relaciones o caminos establecidos en IC y CI, IC y CIn y GC y CIn son adecuados (> 0.15).

Tabla V. Valores de los efectos sobre las relaciones o trayectorias.

Correlación	Efecto Directo	Efecto Indirecto	Efecto Total
CI → GC	0.704	0.000	0.704
CI → IC	0.420	0.312	0.732
IC → CIn	-0.169	0.566	0.397
GC → CI	0.444	0.000	0.444
GC → CIn	0.282	0.222	0.505
IC → CIn	0.501	0.000	0.501

Fuente: Elaboración propia

Bondad de ajuste

Los valores de bondad de ajuste descritos en la Tabla VI, indican que el resultado del coeficiente de determinación R^2 , correspondientes a las tres variables endógenas CI, GC y CIn, consideradas en las ecuaciones (1), (2) y (3), permiten concluir que estos tres modelos tienen una alta capacidad explicativa. Es decir, las ecuaciones lineales obtenidas, en estos tres modelos construidos a partir de los valores estimados de los efectos, son capaces de representar o ajustarse a los datos observados en la muestra utilizada para este análisis; Los valores observados del indicador *MR* llevan a establecer que el modelo representado por la ecuación 2 es el modelo que tiene mayor capacidad predictiva, seguido del modelo que corresponde a la ecuación (3), y que el correspondiente al modelo de ecuación (1); El valor numérico del *G°F* indicador permite afirmar que la capacidad de predicción del modelo representado en la Figura 1 es alta.

Tabla VI. Valores de bondad de ajuste.

LV	R^2	MR	G^oF
IC	-	-	
CI	0.622	0.780	
GC	0.458	0.358	0.5387
Cin	0.372	0.208	

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de predicción de un modelo de regresión es un indicador que está directamente relacionado con la proporción de coincidencia del valor observado en la variable endógena en la práctica o en la realidad, respecto del valor estimado de esta variable endógena. de este modelo de regresión. Por lo tanto, para este proyecto de investigación, una alta capacidad de predicción representa una alta confianza en la capacidad del modelo para cuantificar los valores de la capacidad de innovación de aquellos que no fueron considerados en el análisis de este trabajo, con cuantificación que se refiere Una alta precisión.

Los resultados empíricos de esta investigación establecen que el valor del efecto directo que tiene el CI sobre las variables latentes: GC y IC, son significativos; Cln, no es significativo. Por otra parte, el efecto directo de cada una de las dos variables latentes GC y CI es significativo sobre la variable latente Cln. Con estos resultados se comprueba la validez de las hipótesis $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6$, los resultados se muestran en la Tabla VII.

Tabla VII. Prueba de hipótesis para efectos directos.

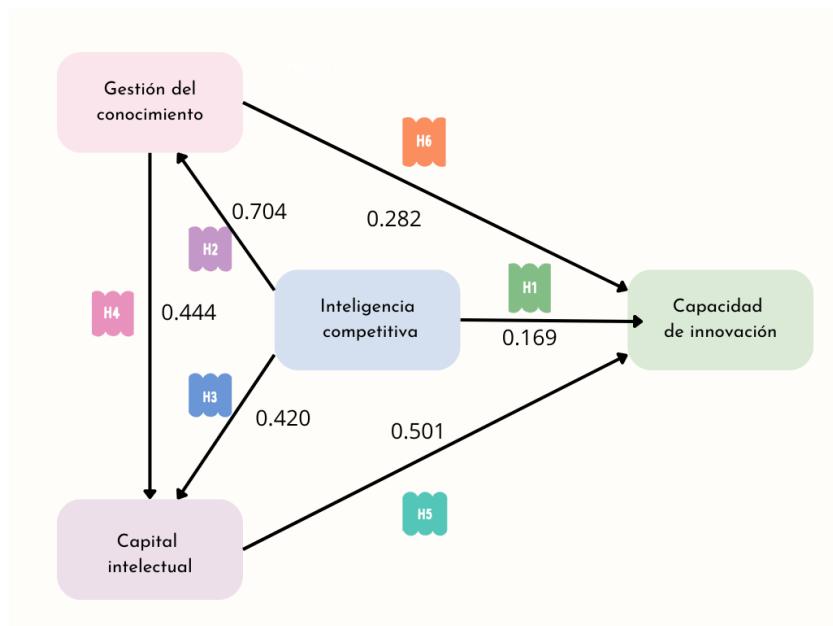
Hipótesis	Resultado
H_1 : La inteligencia competitiva impacta en la capacidad de innovación;	n.s.
H_2 : La Inteligencia Competitiva impacta en la Gestión del Conocimiento;	s
H_3 : La Inteligencia Competitiva impacta en el Capital Intelectual;	s
H_4 : La gestión del conocimiento impacta en el capital intelectual;	s
H_5 : El capital intelectual impacta en la capacidad de innovación;	s
H_6 : La gestión del conocimiento impacta en la capacidad de innovación.	s

s. = significante al 5%; n. s.= no significante al 5%

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se presentan las seis hipótesis que componen el modelo explicativo planteado en este trabajo de investigación, la hipótesis de que el CI influye o tiene efecto sobre el Cln (H_1) es la única que no presenta significancia estadística, $\alpha = 0.05$, es decir, la variable o constructo IC tiene efecto significativo únicamente sobre la variable GC (H_6) y CI (H_2); GC sobre las variables Cln (H_3) y CI (H_4); y el CI sobre la variable Cln (H_5).

Figura 4. Valores estimados de las trayectorias del modelo interno (efecto directo)



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los resultados empíricos de esta investigación establecen que el valor de los efectos totales es significativo al 5%. Con estos resultados se comprueba la validez de las hipótesis $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6$, Se determina y los resultados se muestran en la Tabla VIII.

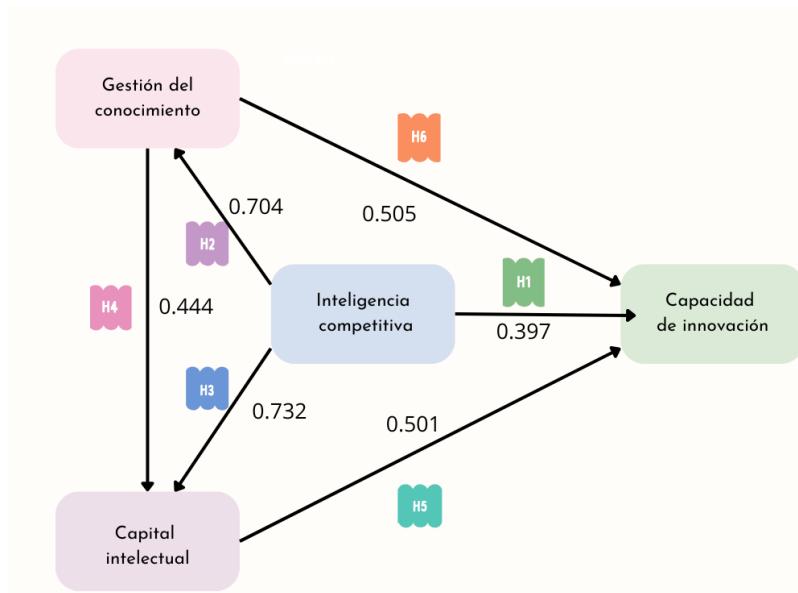
Tabla VIII. Prueba de hipótesis para efectos totales.

Hipótesis	Resultado
H_1 : La inteligencia competitiva impacta en la capacidad de innovación;	S
H_2 : La Inteligencia Competitiva impacta en la Gestión del Conocimiento;	S
H_3 : La Inteligencia Competitiva impacta en el Capital Intelectual;	S
H_4 : La gestión del conocimiento impacta en el capital intelectual;	S
H_5 : El capital intelectual impacta en la capacidad de innovación;	S
H_6 : La gestión del conocimiento impacta en la capacidad de innovación.	S

Fuente: Elaboración propia

De las seis hipótesis que componen el modelo explicativo (Figura 1) propuesto en este trabajo de investigación, todas son significativas al 5%.

Figura 5. Valores estimados de las trayectorias del modelo interno (efecto total)



Fuente: Elaboración propia

Los resultados en la estimación de los parámetros, bajo los indicadores de efecto directo y efecto total, llevan a considerar, para la toma de decisiones en la estrategia de mejora de la capacidad de innovación, dos modelos estimados diferentes al modelo multivariado, utilizado para representar las relaciones causales entre las variables latentes IC, CI, GC y CIn, presentadas en las ecuaciones (1), (2) y (3). En esta situación, los directivos de las empresas deberían preferir el modelo estimado en base a los efectos totales presentados en la Figura 5, dado que, en este modelo, los valores de los coeficientes de regresión o valores de ruta son mayores que los valores correspondientes observados en la Figura 4.

Esto sugiere que el modelo de regresión multivariada representado es más eficiente que el modelo basado en la Figura 4, ya que por cada unidad que aumenta en los valores de IC, CI y GC, se predice un mayor aumento de la variable latente CIn con el modelo estimado bajo el criterio de efecto total que en el modelo correspondiente estimado bajo el criterio de efecto directo.

Los resultados de la Tabla VIII parecen contradecir inicialmente los hallazgos de Calof y Sewdass (2020). Donde establecen que existe una relación positiva estadísticamente significativa con un valor de correlación mayor o igual a 0.30, entre cuatro medidas o componentes de la inteligencia competitiva con la innovación; Calof, Arcos y Sewdass (2018) mencionan que la innovación está impulsando gran parte de la actividad de inteligencia; y Hassani y Mosconi (2021) presentan evidencia empírica sobre la relación entre la inteligencia competitiva y la innovación en pequeñas y medianas industrias; Lemos y Porto (1998) y Miranda et al., (2013) muestran esta relación de efecto significativo de la variable IC sobre la variable CIn.

Sin embargo, de esta evidente discrepancia, se deben señalar dos condiciones que pueden ayudar a explicar estas diferencias en los resultados: primero, en este trabajo se considera la relación y

posible interacción entre cuatro variables latentes, mientras que en los trabajos de los autores citados anteriormente, el análisis se basa en considerar la relación entre dos variables latentes, segundo, en este estudio el efecto directo de la variable IC sobre la variable Cln no es significativo, mientras que el valor del efecto indirecto estandarizado del IC sobre Cln es igual a 0.566, lo que sugiere que existe un efecto de interacción de la variable IC con las variables GC y IC, las cuales tienen un efecto significativo sobre Cln, lo que implica que se debe analizar el efecto total que tiene la variable latente IC sobre la variable latente Cln para determinar la permanencia de IC como variable predictor del modelo estructural . Por lo tanto, se sugiere realizar más investigaciones para determinar su existencia, y la naturaleza de las potenciales interacciones entre estas variables.

Considerando la información de los modelos de las distintas regiones, se puede observar que tienen validez convergente, ya que el valor del indicador “Varianza Media Extraída” (**AVE**), para cada uno de los constructos o variables latentes de cada uno de modelo analizados, superan el valor del parámetro establecido para este indicador $AVE \geq 0.5$, como se puede observar en la Tabla IX.

Tabla IX. Parámetros para la validación del modelo de medición exterior.

Dimensión	Código	AVE Laguna	AVE Hermosillo	AVE Cd Juárez
Inteligencia Competitiva	IC	0.632	0.781	0.642
Capital Intelectual	CI	0.550	0.737	0.588
Gestión del Conocimiento	GC	0.581	0.809	0.612
Capacidad de Innovación	Cln	0.564	0.992	0.590

Fuente: Elaboración Propia

Conclusión y recomendación

Los resultados obtenidos en el análisis de la base de datos utilizada por Poblano et al., (2021) reportan que la variable CI no cumple con las condiciones necesarias para ser considerada en el SEM, lo cual difiere de los resultados obtenidos en esta investigación, en cuanto a que en este trabajo se establece que el CI cumple con las condiciones necesarias para ser incluido en el SEM. Esto se sustenta en los hallazgos de esta investigación que muestran evidencia de la significancia de la variable CI con Cln. Esto apoya la hipótesis de que el CI tiene un efecto directo sobre el Cln pero no es significativo. Sin embargo, el valor t del efecto indirecto entre estas variables a través del CI y GC se considera importante. Es necesario realizar investigaciones adicionales para determinar la interacción entre estas variables, es decir, determinar cuál es el efecto de la interacción entre las variables CI-GC, CI-IC y CI-GC-IC sobre Cln.

La discrepancia en los resultados del análisis, utilizando la misma base de datos, se explica por la metodología utilizada para el análisis de la base de datos, debido a la adopción del SEM-CB en el estudio de Poblano et. al, (2021). Cabe señalar que, en este trabajo, el análisis se llevó a cabo utilizando SEM-PLS.

Dada esta variación, surge una nueva pregunta, cuál de los dos métodos es el más adecuado. Abordando una cuestión similar, se encuentra el trabajo presentado por Risdon et. al (2017), en el que mostraron una revisión de estudios donde se comparaba la eficacia y eficiencia de estos dos métodos.

Los hallazgos indican que no es posible seleccionar uno sobre el otro ya que, en diferentes circunstancias, cada uno de ellos tiene importantes aportes. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo estudios adicionales y simulaciones con el fin de comparar la efectividad de estos métodos e identificar el modelo que podría extender la explicación en el comportamiento de la relación potencial entre las variables IC, CIn, CI y GC.

La integración formal de la Inteligencia Competitiva con la Gestión del Conocimiento y una descripción del efecto indirecto de la IC sobre la CIn a través de la GC parece relevante. Esto abre la posibilidad de futuras investigaciones para el desarrollo de un sistema que rastree variables competitivas como productos, tecnologías emergentes y competitividad. Además, se definan efectivamente las funciones y/o roles que tienen cada una de estas variables, como diseño, ingeniería o marketing. Esto aún no ha sido probado, incluido el posible efecto moderador total a través de la Gestión del Conocimiento. En este sentido para lograr una mejor comprensión de este fenómeno, se sugiere que los estudios futuros amplíen los métodos estadísticos como SEM para probar todas las relaciones potenciales y también para medir las prácticas de IC.

También se puede argumentar que es altamente recomendable que las empresas dedicadas al sector Maquiladora tomen en cuenta los factores relacionados con la gestión del conocimiento (incluyendo, el intercambio de conocimientos y lecciones aprendidas de la experiencia, la innovación y el empoderamiento del personal), así como su relación con la Capacidad de Innovación (incluyendo, la producción de nuevos conceptos; el análisis y toma de decisiones para la innovación y el desarrollo tecnológico; y el desarrollo y mejora de productos, procesos y equipos) porque las condicionaría a mejorar sus habilidades y agilizar su sistema de innovación, particularmente en épocas de disruptión y alta competencia, lo que podría transformarse en una ventaja competitiva estratégica.

En general, aun con la principal limitante del tamaño de la muestra restringida a la región de Torreón, varios aspectos indican que el estudio se considera válido, estos incluyen:

- Consistencia interna: Alfa de Cronbach y confiabilidad compuesta (Cuestionario CR).
- Cumplimiento de los criterios de validez: convergente y validez discriminante.
- Adecuación al modelo estructural: criterios de ajuste.

Contar con un tamaño de muestra aceptable y disponer de información de un mayor número de empresas mexicanas es primordial para lograr validar y generalizar los resultados obtenidos. Una línea de investigación para ampliar los resultados del análisis presentado en este caso es realizar estudios en empresas mexicanas localizadas en toda la región del Noreste Mexicano y comparar los resultados con empresas transnacionales exportadoras, considerando sus diferencias culturales y la filosofía organizacional.

Estudiar el efecto de la Inteligencia Competitiva sobre la Capacidad Innovadora de organizaciones que cuentan con un sistema eficiente, observar el efecto moderador de la Gestión del Conocimiento entre la Inteligencia Competitiva y la Capacidad Innovadora, sería de importante interés.

Es relevante señalar que los escenarios actuales y de constante cambio, donde la innovación son un factor decisivo en la toma de decisiones para el éxito en la competitividad global. Para contar con una ventaja competitiva es vital que las organizaciones tengan la capacidad de transformar la inteligencia competitiva en oportunidades para desarrollar nuevos productos o mejorar los procesos productivos y administrativos. Los beneficios logrados y todo recurso de la organización son de importancia estratégica para tomar decisiones clave.

Observaciones finales

Las empresas mexicanas deberían considerar en su planeación estratégica empresarial, el integrar procesos vitales para la Gestión del Conocimiento y la Inteligencia Competitiva con la finalidad de obtener mejores resultados como lo han señalado diversos autores, tales como Herschel y Jones (2005); Galeano et al. (2008); y Sharp (2008), lo que permitirá que estos se transformen en una fuente para obtener una ventaja competitiva para las empresas (Rothberg y Erickson, 2013; Chawinga y Chipeta, 2017; Shujahat et al., 2017).

El Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) con mínimos cuadrados parciales se utiliza como método alternativo para validar instrumentos de medición y las hipótesis en investigaciones cualitativas, este evalúa la relación existente entre variables latentes. Esta técnica estadística del SEM tiene la ventaja de no requerir el cumplimiento de los tres supuestos establecidos en el SEM de estructura de covarianza y con el 20% del tamaño de muestra requerido por el SEM de estructura de covarianza es suficiente.

Este estudio confirma que el SEM es una herramienta eficaz para analizar efectos totales y parciales entre variables medibles y las variables latentes, así como en los efectos significativos entre variables latentes o entre constructos.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo otorgado por el Tecnológico Nacional de México a través de la Convocatoria para Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2024.

Referencias

- Aldás, J., y Uriel, E. (2017). *Análisis Multivariante Aplicado con R*. Madrid, España: AlfaCentaurO.
- Bartes, F. (2015). The objectives of competitive intelligence as a part of corporative development strategy. *ACTA Universitatis Agriculturae ET Silvi culturae Mendelianae Brunensis*, 62(6), 1243-1250.
- Boekestein B (2006) The relation between intellectual capital and intangible assets of pharmaceutical companies. *J Intell Capital* 7(2):241–253.
- Byrne, B. (2010), “*Structural Equation Modeling with AMOS: Basic Concepts, Applications, Programming*”, 2nd edition, Routledge.
- Calof, J., and Smith, J. E. (2010). Critical success factors for government-led foresight. *Science and Public Policy*, 37(1), 31-40.
- Calof J., Arcos R. and Sewdass N. (2018,) *Competitive Intelligence Practices of European Firms, Technology Analysis & Strategic Management*, 30:6, 658- 671, DOI: 10.1080/09537325.2017.1337890.
- Calof, J. and Sewdass, N. (2020), On the Relationship Between Competitive Intelligence and Innovation. *Journal of Intelligence Studies in Business*. 10 (2) 32-43. DOI <https://doi.org/10.37380/jisib.v10i2.583>.
- Chawinga, W. D., and Chipeta, G. T. (2017). A Synergy of Knowledge Management And Competitive Intelligence: A key for competitive advantage in small and medium business enterprises. *Business Information Review*, 34(1), 25-36.
- Dávila Soltero, Felipe, Noriega Morales, Salvador, MÁynez Guaderrama, Aurora I., Hernández Gómez, Andrés, & Torres Arguelles, Vianey. (2017). Modelo de factores críticos del éxito para el despliegue de programas de filosofía organizacional. *Nova scientia*, 9(18), 459-485. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.752>
- Díaz, V. (2007), “Gestión del conocimiento y del capital intelectual”, *Revista EAN*, Vol.61, pp. 39– 68.
- Díez, J., Ochoa, M., Prieto, M. and Santidrián, A. (2010), “Intellectual Capital and Value Creation in Spanish Firms”, *Journal of Intellectual Capital*, Vol.11No.3, pp. 348–367. <http://doi.org/10.1108/14691931011064581>.
- Dishman, P. L., and Calof, J. L. (2008). Competitive intelligence: a multiphasic precedent to marketing strategy. *European Journal of Marketing*, 42(7/8), 766-785.
- Dodgson, M., Gann, D. M., and Salter, A. (2008). The management of technological innovation: strategy and practice. *OUP Oxford*
- Du Plessis, M. (2007),"The role of knowledge management in innovation", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 11 Iss 4 pp. 20– 29Ti
- Fleisher, C. and Wright, S. (2009), “Examining Differences in Competitive Intelligence Practice: China, Japan, and the West”, *Thunderbird International Business Review*, Wiley Vol. 51, No. 3.
- Galeano, S., Sánchez, M., y Villareal, M. (2008). Modelo de gestión del conocimiento apoyado en la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva para la cadena productiva de la uva isabella en la bio región del valle del cauca. *Cuaderno de Administración / Universidad del Valle/* no. 40. pp 73-93.
- Ghannay, J. C., and Mamlouk, Z. B. A. (2012). Synergy Between Competitive Intelligence and Knowledge Management-a key for Competitive Advantage. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 2(2).

- Güemes, D., y Rodríguez, M. (2007), "La relación entre la inteligencia competitiva y la capacidad innovadora de las empresas mexicanas Puzzle", *Revista Hispana de La Inteligencia Competitiva*, Vol.6 No.26, pp. 21–27.
- Hassani, A. and Mosconi, E. (2021) Competitive Intelligence and Absorptive Capacity for Enhancing Innovation Performance of SMEs. *Journal of Intelligence Studies in Business*. 11 (1) 19-32.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014), "Metodología de la investigación". 6^a. Edición, Editorial Mc Graw Hill, México D.F.
- Hernández, G. A., Noriega, M. S., Torres-Argüelles, V., Guaderrama, A. I. M., and Martínez, G. E. (2018). Validity and Reliability Evaluation of a Scale to Measure the Management of Total Productive Maintenance. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(1).
- Herschel, T. and Jones, N. (2005), "Knowledge Management and Business Intelligence: The Importance of Integration", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 9 Issn 4 pp. 45–55.
- Huang, G. L., Hsu, H. L., and Cheng, W. S. (2010). The key factors to the successful generation of intellectual capital: The bank corporate loans department example. *International journal of electronic business management*, 8(2), 81.
- Kianto, A., Sáenz, J., and Nekane, A. (2017). *Knowledge-based human resource management practices, intellectual capital and innovation*.
- Lemos Denise, Â. and Porto Carlos, A. (1998), "Technological Forecasting Techniques and Competitive Intelligence: Tools for Improving the Innovation Process", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 98 No. 7, pp. 330-337. <https://doi.org/10.1108/02635579810227698>.
- Levy Manquin, J., Varela Mallou, J., and Abad Gonzalez, J. (2003), "Análisis Multivariable para las ciencias sociales", Pearson Education.
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., y Tomás-Marco, I. (2014), "El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada", *Anales de psicología*, Vol.30 No.3, pp.1151-1169.
- Lomax, R., and Schumacker, R. (2012), "A Beginner's Guide to Structural Equation Modelling". New York, NY: Routledge Academic. 3rd ed.
- Lugones, G., Gutti, P., and Le Clech, N. (2007), "Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina", CEPAL.
- Malhotra, N. (2008), "Investigación de mercados", quinta edición, editorial Pearson Educación. México ISBN:978-970-26-1185-1.
- Martins, E. C., and Terblanche, F. (2003). Building organizational culture that stimulates creativity and innovation. *European journal of innovation management*.
- Miranda, S. V., de Ponce, R., Martínez, J. G. M., y de Mayagüez, R., (2013), "Inteligencia competitiva y capacidad de innovación en las pymes de manufactura de la región oeste de Puerto Rico". *Revista Empresarial Inter Metro / Inter Metro Business Journal Spring* / Vol. 9 No. 1 / pag. 1-19.
- Morcillo, P. (2003). Vigilancia e inteligencia competitiva: fundamentos e implicaciones. Revista Madrid. *Revista de Investigación en Gestión e Innovación Tecnológica*, 15-22.
- Nasri, W. (2012). Conceptual model of strategic benefits of competitive intelligence process. *International Journal of Business and Commerce*, 1(6), 25-35.
- Nasri, W. and Zairi, M. (2013). Key Success Factors for Developing Competitive Intelligence in Organization. *American Journal of Business and Management*, 2(3), 239-244. 10.11634/216796061302397.

- Nenzhelele TE (2014) Competitive intelligence location in small and medium-sized enterprises. *Medit J Social Sci* 5(23):608
- Pellissier, R. and Nenzhelele, T., (2013), "Towards a Universal Definition of Competitive Intelligence", *SA Journal of Information Management*, Vol.15 No. 2, <http://dx.doi.org/10.4102/sajim.v15i2.559>.
- Peyrot, M., Childs, N., Van Doren, D., and Allen, K. (2002). An empirically based model of competitor intelligence use. *Journal of Business Research*, 55(9), 747–758.
- Poblano-Ojinaga, E. R. (2021). Competitive Intelligence as a Factor of the Innovation Capability in Mexican Companies: A structural equations modeling approach. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 11(2).
- Poblano-Ojinaga E., Torres-Arguelle, V., Valles-Chávez, A., García-Martínez, R. y Noriega-Morales, S., (2021). Factores de la Capacidad de Innovación en Plantas de la Industria Maquiladora de Ciudad Juárez, México. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, Vol. 8, No. 48, pp. 16-37.
- Poblano-Ojinaga, E., López, R., Gómez, J. and Torres-Arguelles, V. (2019), "Effect of Competitive Intelligence on Innovation Capability: An exploratory study in Mexi-can companies", *Journal of Intelligence Studies in Business*, Vol. 9 No. 3, pp. 62-67.
- Rigdon EE, Sarstedt M, Ringle CM (2017) On comparing results from CB-SEM and PLS- SEM: five perspectives and five recommendations. *Market ZFP J Res Manag* 39(3):4–16
- Robledo, J., López, C., Zapata, W., y Pérez, J. (2010), "Desarrollo de una metodología de evaluación de capacidades de innovación". *Perfil De Coyuntura Económica*, Vol. 15, pp 133-148.
- Rodríguez M., and Tello M. (2012). Applying patent analysis with competitive technological intelligence: The case of plastics. *Journal of International Business Studies*, vol. 2, no 1, pp. 51–58.
- Romero, R., and Noriega, S. (2011). Critical success factors of quick setup projects
- Rothberg, H., and Erickson, S. (2013). Intelligence in the Oil Patch: Knowledge Management and Competitive Intelligence Insights. *In Academic Conferences International Limited, Kid more End* (p. 387).
- Salojärvi, S., Furu, P., and Sveiby, K. E. (2005). Knowledge management and growth in Finnish SMEs. *Journal of knowledge management*, 9(2), 103-122
- Sánchez, G. (2013). *PLS Path Modeling* Whit R. Berkeley: Trowchez Editions.
- Santos-Rodrigues, H., Figuera-Dorrego, P., and Fernández-Jardón, C. (2011), "La influencia del capital intelectual en la capacidad de innovación de las empresas del sector de automoción de la Euroregión Galicia Norte de Portugal", *Servizo de Publicacións da Universidad de Vigo*.
- Sharp S., (2008), "Competitive Intelligence Advantage: How to Minimize Risk, Avoid 2New Jersey.
- Stefanikova, L., Rypakova, M., and Moravcikova,K. (2015). *The impact of competitive intelligence on sustainable growth of the enterprises*, 26(15), 209–214
- Shujahat, M., Hussain, S., Javed, S., Malik, M. I., Thurasamy, R., and Ali, J. (2017). Strategic management model with lens of knowledge management and competitive intelligence: A review approach. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 47(1), 55-93.
- Sveiby, K. E. (2001). *Knowledge Management—Lessons from the Pioneers*.
- Tej Adidam, P., Banerjee, M., and Shukla, P. (2012). Competitive intelligence and firm's performance in emerging markets: an exploratory study in India. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 27(3), 242-254
- Tidd, J., and Bessant, J. (2009). Innovation – What it is and why it matters. *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*, 3–43

- Tzortzaki, A. M., and Mihiotis, A. (2014). A review of knowledge management theory and future directions. *Knowledge and Process Management*, 21(1), 29-41.
- Usaquén, M. Á. O., García, V. H. M., y Molano, J. I. R. (2020). Integración de la Inteligencia de Negocios, la Inteligencia de Mercados y la Inteligencia Competitiva desde el análisis de datos. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E34), 609-619.
- Wetzels, M., Odekerken-Schröder, G., and Van Oppen, C. (2009). Using PLS path modeling for assessing hierarchical construct models: Guidelines and empirical illustration. *MIS quarterly*, 177-195.

Estudio del Nivel de Velocidad Lectora en Estudiantes de Nivel Universitario

Analysis of the reading speed level of university students

Leonardo Alberto Alanís Castro

Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez, Chihuahua, México

leonardo.ac01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-0802-6477>

Manuel Alejandro Barajas Bustillos

Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Alejandro.bb01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1155-1847>

Ana Isela García Acosta

Tecnológico Nacional de México / IT Ciudad Juárez, Chihuahua, México

ana.ga@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4394-3941>

Resumen

Actualmente, las aptitudes de los estudiantes en nivel universitario se han visto afectadas por los cambios en los programas de estudio, así también por las condiciones propiciadas por la pandemia, las escuelas de nivel básico, medio superior y superior tuvieron que adaptar sus modalidades de estudio de una manera muy agresiva y con docentes que no estaban totalmente preparados para un modelo virtual, creando en los jóvenes deficiencias dentro de las habilidades básicas debido a la problemática derivada de las clases virtuales, así como se muestra en Condori, H. et al (2021). Dentro de las escuelas de nivel superior, se genera un problema en las habilidades lectoras de los estudiantes, en donde la habilidad de búsqueda debe aplicarse en grandes cantidades de información, lo cual provoca que los estudiantes se vean afectados durante las lecturas de los datos por las carencias de no haber desarrollado la capacidad de lectura rápida, basada en los estándares de palabras por minuto (PPM) que puede leer una persona si se practica el hábito de manera habitual.

El presente estudio realiza un análisis de la población estudiantil de nivel universitario, en donde se busca identificar las aptitudes de velocidad lectora, en conjunto con un análisis del nivel de carga mental mediante una evaluación NASA - Task Load Index (TLX), en función de realizar una tarea de lectura haciendo uso de equipos de cómputo. De esta manera, se estarán definiendo las aptitudes lectoras de los estudiantes de nivel superior, además de visualizar las exigencias que los estudiantes perciben de las lecturas de información de manera digital, siendo que este es el método de búsqueda más comúnmente utilizado por los jóvenes, debido al fácil acceso que estos manejan en sus dispositivos celulares, tablets y computadoras, permitiendo que estén en una zona de confort.

Palabras Clave: NASA - TLX, carga mental, velocidad lectora.

Abstract

University students' skills have been affected by changes in curricula and the pandemic's impact, schools at all levels had to adapt their study modalities abruptly and with teachers who were not fully prepared for a virtual model, creating deficiencies in basic skills among young people due to issues stemming from virtual classes, as shown in Condori, H. et al (2021). Within higher level schools, a problem is generated in the reading skills of students, where searching through large amounts of information is required, which causes students to struggle with reading data due to a lack of fast reading skills, based on the standards of words per minute achievable through regular practice.

The present study performs an analysis of the student population at the university level, where it seeks to identify the reading speed skills, alongside an analysis of mental workload using the NASA-Task Load Index (TLX) during a reading task performed on a computer. This study defines the reading skills of higher-level students, while examining the perceived mental demands of digital reading tasks, since this is the most commonly used search method by young people, thanks to the easy access provided by smartphones, tablets, and computers, placing them in a comfort zone.

Keywords: NASA - TLX, mental workload, reading speed.

Introducción

En estudios realizados desde 1976, la habilidad lectora contemplaba un promedio de lectura de entre 250 y 260 palabras por minuto (PPM), con base en el nivel educativo de esa época y se pronosticaba un cambio favorecedor para futuras generaciones, en donde los nuevos modelos de estudio desarrollarían esta aptitud, ya que había decaído el nivel de lectura de 315 PPM a 200 según incrementaba la dificultad de la lectura (Canver, 1976).

Una de las habilidades básicas que los estudiantes requieren es la lectura, la cual dependiendo del nivel escolarizado puede llegar a ser cada vez más fluida, estudios realizados muestran que un adulto promedio debería poder leer 500 PPM, habiendo desarrollado la habilidad de lectura, pero en base a estudios recientes se ha encontrado que están manejando un promedio de entre 200 a 300 PPM como estándar de lectura, esto provocado por la falta de desarrollo lector en la población juvenil (Brysbaert, 2019).

Actualmente la capacidad lectora, se estima que oscila entre 120 y 180 PPM, correspondiente a una lectura lenta de comprensión, que facilita el aprendizaje, pero que limita el tiempo que se puede disponer para revisar cierta cantidad de información (Mcgovern et al., 2019).

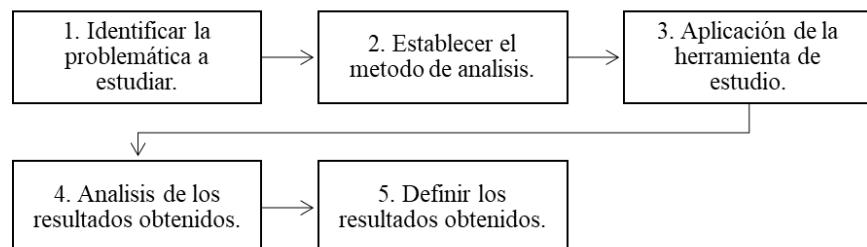
Otros estudios, apoyan la teoría de la decadencia del modelo educativo en consecuencia a problemas ejercidos por la pandemia y la forma en que las instituciones perdieron el contacto con los jóvenes, esta situación generó que no se realizara un seguimiento adecuado a las actividades estudiantiles, como es la gestión de la lectura, por lo cual hubo una decadencia en las habilidades de lenguaje y conocimiento en todos los niveles de estudio, fuera desde el nivel básico, medio y superior, de entre las principales causas que se observa para que los jóvenes desatendieran sus labores fue el cambio de actividades típicas y el ausentismo por un desinterés o una necesidad (Kuhfeld et al., 2020).

Se establece que el crecimiento limitado o nulo en la habilidad lectora desde el nivel básico, provoca una preocupación respecto al desarrollo de habilidades estudiantiles básicas, ya que se deberán tomar acciones para gestionar la problemática y evitar el rezago estudiantil que se arrastrará a niveles académicos superiores, generando la deserción estudiantil por no tener las aptitudes necesarias o el estrés generado por no poder entender material, ante la falta de aptitudes lectoras (Domingue et al., 2021).

Materiales y métodos

La metodología a seguir se basó en el método científico, el cual se divide en múltiples etapas a considerar, como estudiar el problema, construir la idea, diseñar un objetivo, utilizar datos válidos y confiables, establecer un método de estudio, realizar el método de experimentación y obtener conclusiones (Armstrong & Green, 2022).

Figura 1. Diagrama de Metodología



Nota: En este diagrama se presentan las fases a desarrollar correspondientes a la metodología elegida para la investigación.

Fuente: Elaboración Propia.

1. Identificar la problemática a estudiar

El problema que se encontró es el nivel de habilidad lectora existente entre los estudiantes de nivel universitario, debido al uso de nuevas tecnologías que permiten diseñar un trabajo de manera automática, sin necesidad de que la persona tenga que leer diversos documentos, sean físicos o electrónicos.

El uso de nuevos sistemas, conocidos como Inteligencia artificial (IA), ha provocado que un mayor número de jóvenes dejen de practicar la lectura, debido a que estos sistemas no requieren que la persona de manera directa realice una investigación, ya que estas IA lo hacen por ellos, lo cual provoca que habilidades búsqueda y análisis se deterioren y cada vez tengan más dificultades al momento de leer documentos con un mayor grado de dificultad.

2. Establecer el método de análisis.

Se utilizará el sistema de evaluación NASA-TLX, el cual está basado en un análisis previo a una actividad para reconocer la carga mental de la persona y un estudio después de la realización de la actividad para corroborar la existencia de esa carga mental y si estos datos son acordes entre sí o muestran un cambio correspondiente a lo que la persona percibió en comparación con lo que realizó.

Para el estudio se utiliza una lectura correspondiente a la publicación científica Neuroergonomics in the operational rest factor: Literature Review de García, A., Alanís, L. y De La Riva, J. (2023), como actividad de evaluación, la lectura será medida mediante un cronómetro, que permita conocer el tiempo de lectura, el cual se comparara conforme a las 3,322 palabras que componen al artículo.

3. Aplicación de la herramienta de estudio.

Para la aplicación del estudio, se realizará el uso de la plataforma Google Forms, en la cual se programará el cuestionario correspondiente al estudio NASA-TLX, el cual estará configurado conforme a un cuestionario inicial pre-actividad, y un cuestionario post actividad después de haber realizado la lectura correspondiente, de esta manera se generará la recopilación de datos sobre el cronometraje del tiempo de lectura y los estadísticos del estudio NASA-TLX.

El estudio se aplicará a estudiantes del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, con el fin de aprovechar la población estudiantil disponible.

4. Análisis de los resultados obtenidos

Se utilizará la fórmula de Lee Farral (2012), de palabras por minuto (PPM), para identificar la velocidad de lectura, la cual se basa en dividir el número total de las palabras contenidas en el documento sobre el tiempo total en segundo, que tardó en leer totalmente el documento, y el resultado multiplicarlo por 60, para obtener las PPM de cada participante.

$$PPM = \frac{\text{Número de palabras leidas}}{\text{Tiempo total de lectura en segundos}} \times 60$$

Adjunto a esto se realiza el análisis de los resultados obtenidos del cuestionario NASA-TLX previo a la actividad, el cual muestra la información del tipo de carga mental que los participantes perciben que tendrán durante la operación y posterior a esta, esto permitirá encontrar el porcentaje de carga mental que afecta a la persona.

Este modelo de cuestionarios NASA-TLX, permitirá conocer el nivel de carga mental en seis parámetros, los cuales son exigencia mental, física, temporal, esfuerzo, rendimiento y nivel de frustración, en los cuales la persona se ve involucrada al momento de realizar una actividad (Said et al., 2020).

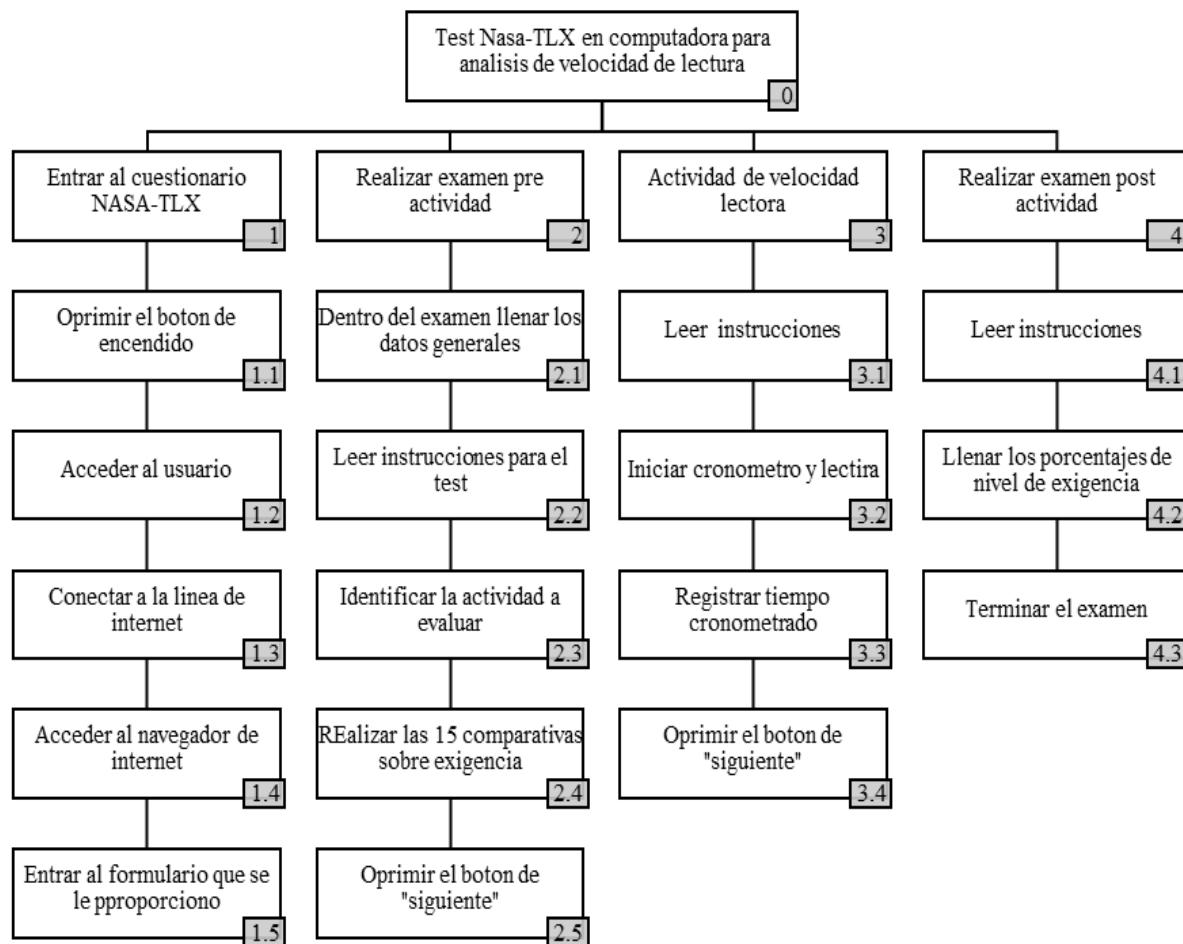
5. Definir los resultados obtenidos.

Con base en los datos obtenidos, se va realizará un análisis del promedio de nivel de lectura, así como el nivel de carga mental que se presenta en los participantes, dentro de la actividad realizada. Esto mostrara las capacidades que tienen los estudiantes de nivel universitario conforme a su habilidad lectora (Fang et al., 2022), y además identificar la percepción de nivel de carga mental que tienen los participantes, sobre una actividad simple del área educativa, como lo es la lectura de información.

Resultados

En la figura 2, se desglosan las actividades correspondientes al estudio mediante un modelo, en el cual se observan los componentes requeridos para realizar el proceso establecido, la secuencia de las actividades y subactividades, lo cual comprende desde la activación del dispositivo de cómputo, hasta la realización y cierre de la lectura.

Figura 2.- Diagrama de actividad para la prueba NASA-TLX (Diseño propio)

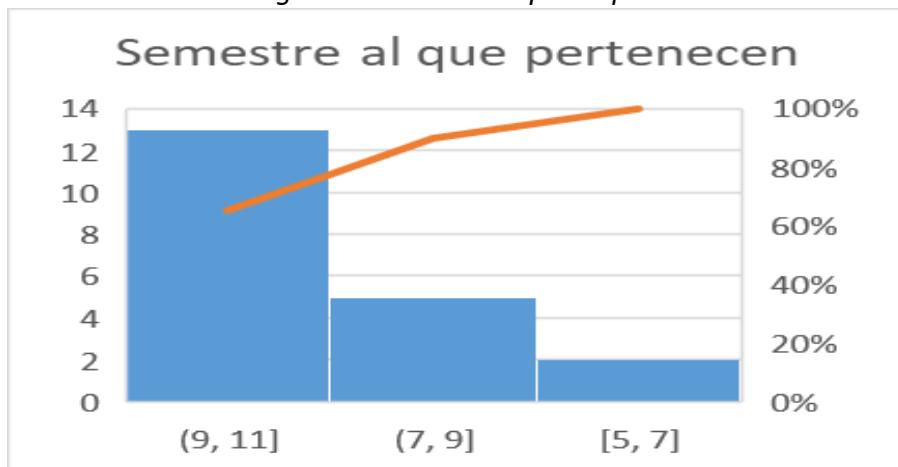


Nota: En este diagrama se muestran las actividades correspondientes del estudio a realizar, mediante una distribución de NASA-TLX.

Fuente: Elaboración Propia.

El estudio se realizó, en una población estudiantil de 20 personas, las cuales estudian en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, los participantes tienen edades entre 22 y 28 años (Figura 3), los cuales se encuentran cursando del quinto al onceavo semestre de su respectiva carrera (Figura 4). Todos los participantes realizan lecturas constantemente, como requerimiento de algunas de las clases que están llevando, además de que manejan diversos tipos de dispositivo de cómputo.

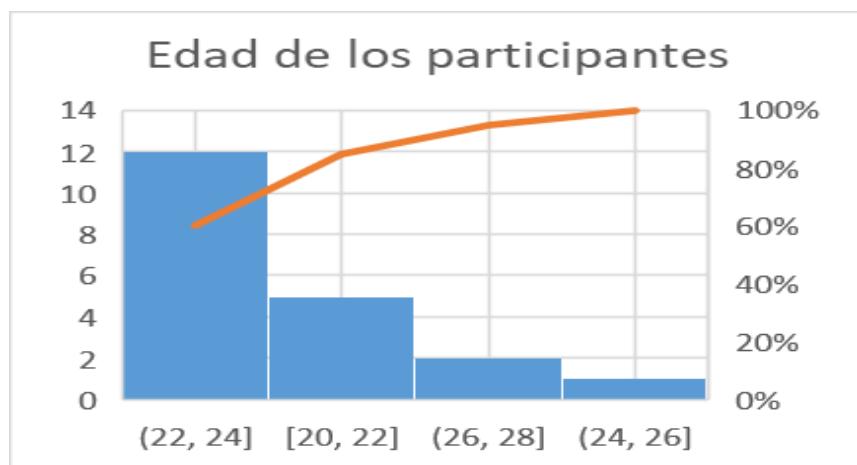
Figura 3. Edad de los participantes en años



Nota: En esta figura, se muestra un gráfico de las edades de los participantes de la investigación.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Semestre de estudio de los participantes



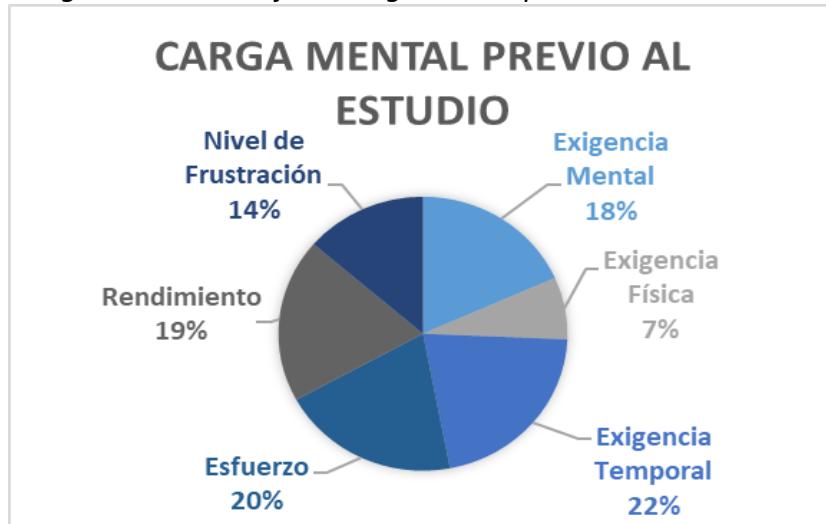
Nota: En esta tabla, se muestra los semestres a los que pertenecen los diversos participantes de la investigación.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez recopilada la información general de los participantes, se realiza el llenado de una pre-encuesta, la cual consta de catorce indicadores, que señalan el nivel de carga mental subjetiva sobre la persona estudiada, basada en sus vivencias y conocimientos propios de actividad similares que hayan realizar, deben responder conforme a cómo consideran que la actividad les impactará en los cinco parámetros principales como lo es la exigencia mental, física, temporal, de esfuerzo, rendimiento y nivel de frustración (Hart & Staveland, 2008), esto presenta los primeros datos del estudio NASA-TLX.

Los datos obtenidos con la pre-encuesta inicial, se muestran en la figura 5, en la cual se puede ver que la mayor parte de los participante, perciben que la actividad les generara una mayor exigencia conforme al tiempo que deberán de invertir (temporal), debido a que interpretan que si es una lectura tendrán que dedicarle tiempo de atención, y en segundo lugar, se presenta el esfuerzo, ya que una parte de la población no está habituada a la lectura, por lo cual interpretan que esforzarse para completar la actividad que se les requiere de la mejor manera posible.

Figura 5. Porcentaje de carga mental previos a la actividad.



Nota: En este gráfico, se observa el comportamiento de los parámetros evaluados por el test NASA-TLX, en relación al estudio antes de iniciar el experimento.

Fuente: Elaboración Propia.

El parámetro con menor impacto es la exigencia física, esto debido a que la mayor parte de las personas identifican que el realizar una lectura sea en texto físico o digital, no amerita movimiento o movilidad requerida, si no únicamente movimientos cortos y básicos que no les generan molestias o cansancio alguno.

Una vez realizada la primera parte del estudio NASA-TLX, se da inicio con la actividad predefinida, la cual consta que el participante realice la lectura establecida, siendo cronometrada desde su inicio hasta el final de esta misma, permitiendo poder realizar un conteo de las PPM que puede leer cada participante, e identificar el promedio de PPM obtenidas en el estudio, esto proporciona información sobre los participantes que tienen afinidad con la lectura o aquellos que no la practican.

En la tabla 1, se puede observar la tabla de datos obtenida conforme al tiempo de lectura realizado por cada participante (minutos: segundos. microsegundos / m:s.ms), así como la conversión del tiempo a segundos y los PPM de cada uno de estos.

Tabla 1. Registro de tiempos de lectura en PPM.

Participante	Cronometrado	Tiempo en segundos	Palabras por minuto
1	12:03.58	724	275
2	22:56.17	1377	145
3	22:56.24	1377	145
4	08:32.57	513	389
5	07:20.20	441	452
6	19:33.02	1174	170
7	15:07.10	908	220
8	14:23.12	864	231
9	12:57.68	778	256
10	20:29.79	1230	162
11	10:48.21	649	307
12	12:10.37	731	273
13	12:35.20	756	264
14	16:22.22	983	203
15	11:32.59	693	288
16	32:46.00	1966	101
17	18:02.89	1083	184
18	13:26.29	807	247
19	07:08.68	429	465
20	10:27.56	628	317

Nota: En esta tabla, se observa los resultados obtenidos del estudio de tiempos de lectura de los participantes y su conversión a PPM.

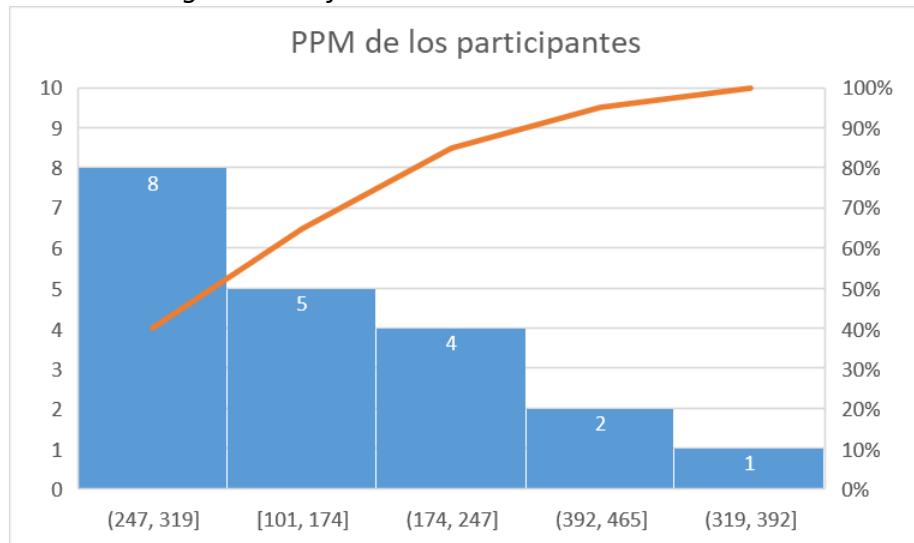
Fuente: Elaboración Propia.

El estudio arrojó, que los participantes manejan un promedio de 905.55 segundos o 15.09 minutos en realizar una lectura de 3,322 palabras, esto contiene cierta variabilidad debido a que los datos son de múltiples y algunas muestras se salen de la media.

Conforme a las PPM, se estableció que los participantes alcanzan un promedio de 255 PPM en velocidad de lectura, dicho estándar está por debajo de estudios realizados por otros autores, donde se estableció para el año 2019 el estándar de lectura correspondía a 300 PPM conforme a la habilidad lectora de estudiantes de nivel superior (Brysbaert, 2019).

En la figura 6, podemos observar que ocho de los veinte aspirantes se ubican en de 247 a 319 PPM, lo cual muestra que la mayor cantidad de la población estudiantil con habilidad lectora similar al promedio de 255 PPM, está en el rango correspondiente, mientras que las personas con mayor o menor habilidad lectora se encuentran en grupos más reducidos.

Figura 6. Gráfico del conteo estadístico de PPM



Nota: En este gráfico, se observa el comportamiento de los tiempos de capacidad lectora, mediante rangos de habilidad en PPM.

Fuente: Elaboración Propia.

En la segunda parte de la evaluación NASA-TLX, correspondiente al cuestionario posterior a la actividad de lectura, arrojó un promedio general de 53.84% de carga mental entre los 20 participantes, así como también se identifica que el mayor nivel de carga mental se genera a partir de la exigencia temporal (tiempo) y el rendimiento que requirieron para realizar la actividad, lo cual se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de carga mental según parámetros del NASA-TLX

Participante	Exigencia Mental	Exigencia Física	Exigencia Temporal	Esfuerzo	Rendimiento	Nivel de Frustración	Total	Carga Mental
1	180	0	60	60	120	120	540	33.75
2	160	140	320	180	270	40	1110	69.38
3	50	30	50	200	120	150	600	37.50
4	300	30	100	320	70	180	1000	62.50
5	200	180	180	120	150	0	830	51.88
6	0	160	50	120	160	80	570	35.63
7	320	0	360	50	120	400	1250	78.13
8	180	30	150	240	140	80	820	51.25
9	280	0	150	60	160	50	700	43.75
10	80	0	210	120	350	240	1000	62.50
11	180	0	300	150	140	40	810	50.63
12	30	30	240	210	50	90	650	40.63
13	240	60	280	40	300	0	920	57.50
14	0	0	160	90	240	0	490	30.63
15	360	0	180	280	210	70	1100	68.75
16	210	0	240	180	240	200	1070	66.88
17	280	10	120	210	150	90	860	53.75
18	360	0	180	320	360	30	1250	78.13
19	160	0	200	240	40	160	800	50.00
20	80	0	350	90	320	20	860	53.75
Promedio:	187.89	35.26	185.79	167.89	178.42	106.32		53.84

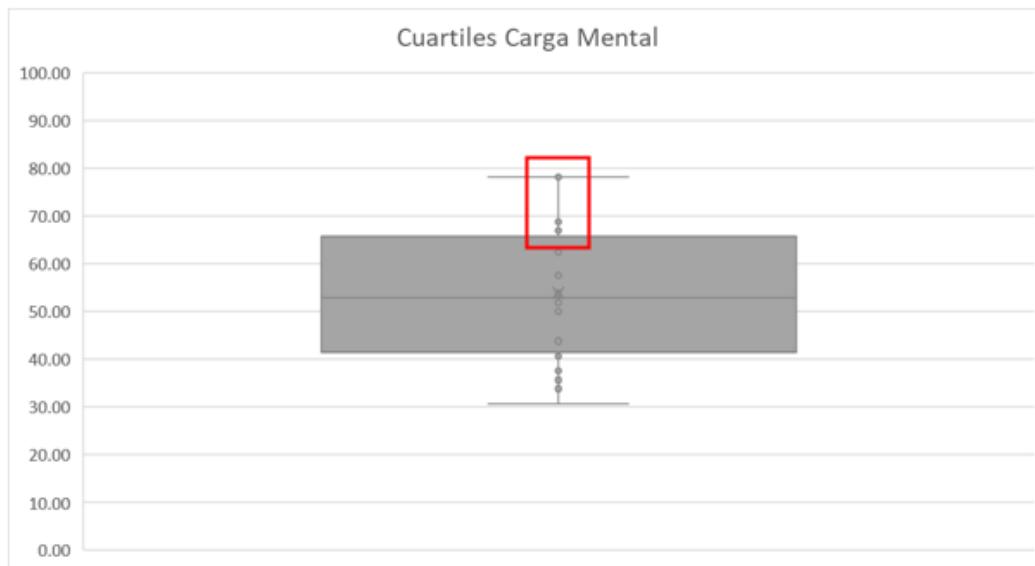
Nota: En esta tabla, se puede observar los datos obtenidos mediante la evaluación del NASA-TLX después de la realización del experimento.

Fuente: Elaboración Propia.

Con relación a lo obtenido en la pre-evaluación y la post evaluación, se considera que los participantes sí estuvieron de acuerdo en que uno de los factores de mayor carga sería el tiempo que tendrían que dedicar a la lectura en conformidad a que muchos no les gustan leer porque prefieren utilizar el tiempo en otras actividades más afines a su gusto.

Así también, bajo un análisis de los cuartiles, muestra los datos que se salen de la media, los cuales se ubican por encima de nuestro valor promedio de 53.84, y que hacen referencia al participante 15, 16 y 18 los cuales tienen un nivel de carga mental mayor ejercido por la actividad, con valores de 68.75, 66.88 y 78.13, respectivamente, los cuales se pueden observar en la figura 7.

Figura 7. Análisis de cuartiles sobre los datos de carga mental.



Nota: En este gráfico, se observa el comportamiento de los cuartiles, correspondiente a los datos de la evaluación NASA-TLX, en donde se ubica el nivel de carga mental por participante.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 3, se puede ver como la muestra de los participantes se divide en tres tipos de carga mental, correspondiente al promedio obtenido del análisis de los cuartiles, en donde se muestra que la mayor cantidad de participantes está en el área media, mientras que en el área baja y alta son una cantidad mínima correspondiente a los participantes que están fuera de la media, sea por condiciones de falta de habilidad lectora o por ser lectores habituales.

Tabla 3. Conteo del nivel de carga mental general

Nivel de carga mental	Número de participantes	Porcentaje
Bajo	4	20%
Mediano	13	65%
Alto	3	15%

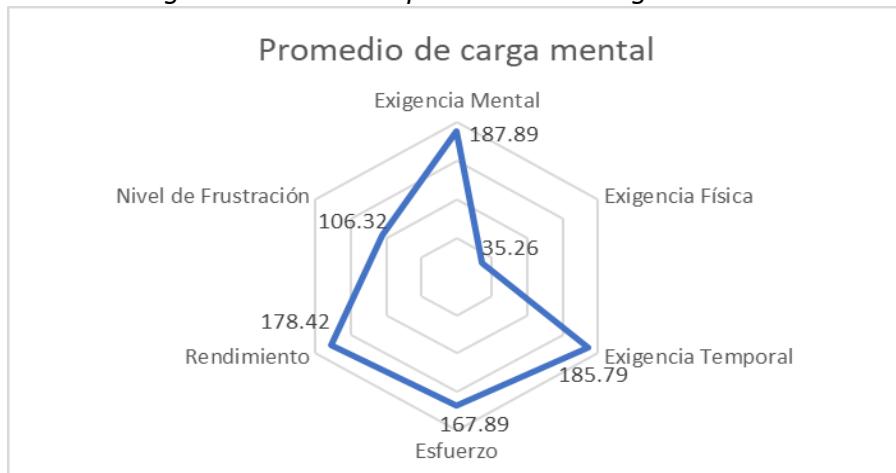
Nota: En esta tabla, se observa el área en que se encuentra el mayor nivel de carga mental de los participantes con respecto a la distribución de los cuartiles.

Fuente: Elaboración Propia.

Si se toma como ejemplo el aspirante 18, el cual tiene el nivel de carga mental más alto con 78.13, esta persona en su estudio previo a la actividad, señalo que no tenía gusto por la lectura y no realiza lecturas muy complejas, por lo cual tenía una mayor percepción de exigencia mental, esfuerzo y rendimiento, y una vez realizada la lectura en el estudio posterior, se identificó el mismo parámetro de carga mental, mostrando que las personas que no tienen desarrollada la habilidad lectora requieren aplicar un mayor esfuerzo para no perder la concentración, por lo cual su carga mental aumenta.

En general, se puede observar que la carga mental se encuentra mayormente en la exigencia mental y temporal de los participantes (Figura 8), debido a que consideraron que la lectura necesito de mayor atención, debido a que la temática es diferente a las lecturas que realizan de manera común, de similar forma consideraron que el tiempo fue esencial para el aumento de su carga mental, esto debido a que el documento contaba con una mayor extensión a sus lecturas comunes.

Figura 8. Análisis de promedios de carga mental.



Nota: En este gráfico, se observa el comportamiento de las diversas áreas de la carga mental, correspondientes a los datos obtenidos por el estudio NASA-TLX.

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

Se encontró que la habilidad lectora en los estudiantes de nivel universitario es baja, esto se debe al uso masivo de aplicaciones y tecnologías que permiten acceder a la información requerida sin necesidad de leer documentos extensos, lo cual puede provocar una deficiencia en el desarrollo de habilidades lectoescritoras, ya que la lectura es la principal fuente de obtención de información y conocimiento, así como también es parte de las habilidades básicas a nivel personal (Isaqjon, 2022).

La capacidad lectora es una habilidad común, que permite la comprensión de actividades o de datos relevantes, siendo de gran importancia para entender condiciones del entorno, el ver la reducción de 300 PPM a 255PPM, es un indicador importante que indica una deficiencia en el desarrollo de las nuevas generaciones y que puede mostrar las dificultades a futuro en actividades que requieran que las personas entiendan lecturas con información importante en cortos lapsos de tiempo, como son las áreas laborales.

En consideración al análisis con el método NASA-TLX, se puede interpretar que esta deficiencia en la habilidad lectora, se encuentra relacionadas con el desarrollo mental de los jóvenes (Virtanen et al., 2021), donde para ellos en la actualidad es más importante el aprovechamiento del tiempo y que gracias a las nuevas tecnologías, ya no requieren hacer un esfuerzo realizando lecturas, sino que disponen de la información necesaria utilizando herramientas tecnológicas que hacen el trabajo de investigación, facilitando la realización de actividades, pero en contra parte reduce las habilidades humanas al no desarrollar la habilidad de razonamiento, búsqueda y análisis de los datos de manera individual.

Estos resultados sugieren la necesidad de implementar estrategias educativas que fomenten el desarrollo de habilidades lectoras, en donde se debe buscar la forma de que los estudiantes ejerciten nuevamente la habilidad lectora, como parte de las aptitudes básicas del desarrollo humano, siendo relevante que no pierdan la capacidad de la lectura, asociada con habilidades de escritura, análisis, interpretación, búsqueda y desarrollo del conocimiento.

Futuras líneas de investigación

Correspondiente al estudio de las habilidades a nivel superior en México, hay diversas áreas de oportunidad para el desarrollo de investigaciones, por ejemplo, las habilidades analíticas y lectoescritoras, asociada con las competencias necesarias que deben desarrollar los estudiantes, para desarrollar actividades comunes de tareas, trabajos, exámenes, proyectos, investigaciones y tesis de titulación.

Es un área de estudio que se puede extender no únicamente en el área educativa, sino que también tiene aplicabilidad en cuestiones laborales o socioculturales, donde también se puede realizar análisis de las capacidades que tienen las personas a nivel actual, conforme a las habilidades básicas de las personas.

Siendo una tercera opción de línea de investigación, también se puede implementar estudios conforme al área de la neuro ergonomía, visualizando los efectos que tiene la realización de estas actividades en la capacidad mental de las personas (Babaei et al., 2024), visualizando que el uso extensivo de nuevas tecnologías podría limitar el desarrollo adecuado de esta habilidad, donde puede observarse un incremento en la carga mental percibida y evitar que se desarrolle las actividades de manera normal.

Bibliografía

- Armstrong, J. S., & Green, K. C. (2022). The scientific method: a guide to finding useful knowledge (1 ed.). Cambridge, Reino Unido: Cambridge. <https://doi.org/10.1017/9781009092265>
- Babaei, E., Dingler, T., Tag, B., & Velloso, E. (2024, Junio 18). Should We Use the NASA-TLX in HCI? A Review of Theoretical and Methodological Issues Around Mental Workload Measurement. *International Journal of Human-Computer Studies*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4869368>
- Brysbaert, M. (2019, Agosto 9). How many words do we read per minute? A review and meta-analysis of. *Journal of Memory and Language*, 109(104047). <https://doi.org/10.1016/j.jml.2019.104047>
- Canver, R. P. (1976). Word Length, prose difficulty, and reading rate. *Journal of Reading Behavior*, 8(2), 193-203. <https://doi.org/10.1080/10862967609547176>
- Condori Melendez, H., Borja Villanueva, C. A., Saravia Alviar, R. A., Barzola Loayza, M. G., y Rodríguez Ruiz, J. R. (Octubre de 2021). Efectos de la pandemia por coronavirus en la educación superior universitaria. *Conrado*, 17(82), 286-292. Retrieved 18 de Noviembre de 2023, from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000500286&lng=es&tlng=pt.
- Domingue, B. W., Hough, H. J., Lang, D., & Yeatman, J. (2021, Marzo). Changing Patterns of Growth in Oral Reading Fluency During the COVID19 Pandemic. (I. o. Sciences, Ed.) *Policy Analysis for California Education*, Ins, 1-33. Retrieved Noviembre 20, 2023, from <https://eric.ed.gov/?id=ED612595>
- Fang, C., Wu, Y., Peng, T., Wang, C., Lou, J., Xu, M., . . . Yu, X. (2022, Junio 8). Reading speed in school-age children with intermittent exotropia. *Scientific Reports*, 12(9423). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-022-13293-z>
- García Acosta, A. I., Alanís Castro, L. A., & De la Riva Rodríguez, J. (2023). La neuroergonomía en el factor de descanso operacional: Revisión de Literatura. In *Métodos para la Optimización* (1 ed., pp. 48-63). Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Cenid. Retrieved Noviembre 21, 2023.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (2008, Abril 19). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. *Advances in Psychology*, 52, 139-183. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Isaqjon Madolimovich, T. (2022, Octubre 2). Strategies and techniques for improving EFL learners' reading skills. "Involta" Innovation Scientific Journal, 1(11), 94-99. <https://involta.uz/index.php/iv/article/view/348>
- Kuhfeld, M., Soland, J., Tarasawa, B., Johnson, Á., Ruzek, E., & Liu, J. (2020, Octubre 28). Projecting the Potential Impact of COVID-19 School Closures on Academic Achievement. *Educational Researcher*, 49(8), 549-565. <https://doi.org/10.3102/0013189X20965918>
- Lee Farrall, M. (2012). Reading assessment: linking language, literacy, and cognition (1 ed.). Hoboken, New Jersey, United States of America: Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118092668>
- Mcgovern, E., Moreira, G., & Luna-Nevarez, C. (2019, Diciembre 18). An application of virtual reality in education: Can this technology enhance the quality of students' learning experience? *Journal of Education For Business*, 95(3), 490-496. <https://doi.org/10.1080/08832323.2019.1703096>

- Said, S., Gozdzik, M., Raoul Roche, T., Braun, J., Rössler, J., Kaserer, A., . . . Werner Tscholl, D. (2020, Septiembre 7). Validation of the Raw National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) Questionnaire to Assess Perceived Workload in Patient Monitoring Tasks: Pooled Analysis Study Using Mixed Models. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9), 34. <https://doi.org/10.2196/19472>
- Virtanen, K., Mansikka, H., Kontio, H., & Harris, D. (2021, Noviembre 17). Weight watchers: NASA-TLX weights revisited. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 23(6), 725-748. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1463922X.2021.2000667>

Modelo de aceptación tecnológica (TAM) en el uso de laboratorios remotos para programas STEM

Technology Acceptance Model (TAM) for the use of remote laboratories for STEM programs

Jeovany Rafael Rodríguez Mejía

jeovany.rm@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4154-0778>

German Quiroz Merino

german.qm01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5303-8243>

Israel Emmanuel Zapata de Santiago

israel.zd01@cdjuarez.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5883-7231>

Resumen

Actualmente las instituciones educativas están aplicando nuevas tecnologías en la práctica docente, con el objetivo de aprovechar espacios y equipos que no están disponibles en algunas instituciones. Por ello, los laboratorios remotos representan una alternativa para desarrollar las habilidades particularmente en el aprendizaje de: *Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (STEM). Este trabajo aborda la integración de tecnologías inmersivas en la educación mediante el diseño de un *Modelo de Aceptación Tecnológica* (TAM). Es decir, contar con un instrumento que pueda medir y validar la implementación eficaz de una estrategia de enseñanza por medio de un laboratorio remoto. Se siguió una metodología híbrida en tres fases, donde la primera fase se enfocó en el entendimiento del problema y los objetivos a alcanzar. La fase intermedia se enfoca en el diseño de un instrumento de evaluación basado en el TAM. La fase final fue la construcción del cuestionario y determinar las métricas de medición para validar sus resultados. Considerando como base el modelo TAM el cuestionario contiene métricos de la utilidad percibida por el usuario, la facilidad de uso percibida sobre la tecnología, la satisfacción y el atributo de usabilidad intrínseco al usuario final. Como resultado y usando software se categoriza el diseño del cuestionario basado en el modelo de aceptación tecnológica considerando la escala de Likert de 1 a 5. Se consideran cuatro grandes rubros Utilidad percibida (UP), la facilidad de uso percibida (FUP), la satisfacción de usuario (SU) y el atributo de usabilidad (AU). Sin embargo, es importante resaltar que este instrumento no es el único que nos permita validar el uso de laboratorios remotos, pero si contribuirá a mejorar la evaluación de estrategias educativas apoyadas en tecnología.

Palabras clave: Modelo, laboratorios remotos, educación tecnológica, implementación.

Abstract

Currently educational institutions are applying new technologies in teaching practice, with the aim of taking advantage of spaces and equipment that are not available in some institutions. Therefore, remote laboratories represent an alternative to develop skills, particularly in learning: Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). This work addresses the integration of immersive technologies in education through the design of a Technology Acceptance Model (TAM). That is, having an instrument that can measure and validate the effective implementation of a teaching strategy through a remote laboratory. A hybrid methodology was followed in three phases, where the first phase focused on understanding the problem and the objectives to be achieved. The intermediate phase focuses on the design of an evaluation instrument based on the TAM. The final phase was the construction of the questionnaire and determining the measurement metrics to validate its results. Considering the TAM model as a basis, the questionnaire contains metrics of the usefulness perceived by the user, the perceived ease of use of the technology, satisfaction and the usability attribute intrinsic to the end user. As a result and using software, the design of the questionnaire is categorized based on the technological acceptance model considering the Likert scale from 1 to 5. Four large items are considered: Perceived usefulness (UP), perceived ease of use (FUP), user satisfaction (SU) and the usability attribute (AU). However, it is important to highlight that this instrument is not the only one that allows us to validate the use of remote laboratories, but it will contribute to improving the evaluation of educational strategies supported by technology.

Keywords: Model, remote laboratories, technological education, implementation.

Introducción

Dentro de los retos que enfrenta actualmente el sector educativo es el de adaptar los avances de las tecnologías inmersivas, exponiendo a los estudiantes a diversos entornos con información sensorial: gráfica, de movimiento o sonido, para complementar su proceso de enseñanza-aprendizaje (Rodríguez, et al., 2023). Contar con *laboratorios en ambientes virtuales y de plataforma remota* (I-Lab) a lo largo el proceso de enseñanza y del aprendizaje en las ingenierías constituye un enfoque esencial en el desarrollo de las competencias del estudiantado. Este tipo de laboratorio es una propuesta que integra la esencia y las estrategias de aprendizaje universitario a través de las prácticas de laboratorio en sitio, pero se lleva a cabo por medios como el internet. Esta estrategia enriquece la educación en las ciencias e ingeniería, expandiendo de forma importante el rango de los posibles experimentos en estos novedosos laboratorios. La idea de los I-Lab es acceder a laboratorios con equipos especializados, y con tecnología de vanguardia. Además, su integración permitirá contar con los materiales didácticos necesario para que se complementan los experimentos de laboratorio de una forma global (DeVora, 2006; Donzellini et al., 2008; Linge N. y Parsons, 2006).

La implementación de nuevas aplicaciones tecnológicas en la práctica profesional de ingenieros de diseño y desarrollo requieren de investigaciones sistemáticas, con una directriz particular con el propósito de identificar su utilidad y facilidad de uso en la propia práctica (Abu-Dalbouh, 2013; Chau y Hu, 2002b; Chau y Hu, 2001). Existe evidencia referencial en donde se establece que el uso de nueva

tecnología y aplicaciones tecnológicas mejoran la calidad de las acciones y la práctica profesional (Chismar y Wiley-Patton 2003; Davis y Venkatesh, 2004).

Sin embargo, para una evaluación efectiva de estos nuevos sistemas tecnológicos es necesario asegurar el conocimiento adecuado de los requerimientos y procesamiento de información requerida por el usuario, que dependerá directamente de la práctica profesional que se estará llevando a cabo (Davis, 1993; Burton-Jones y Hubona, 2005).

Por tal motivo, en esta investigación se diseña un modelo de aceptación de la tecnología para identificar y aplicar en nuevos diseños la aceptación del usuario final a estos sistemas tecnológicos, que favorecen la práctica profesional (Lee, Kim, Rhee y Trimi, 2006; Ma y Lui, 2004; Yarbrough y Smith, 2007). Aquí, se propone una metodología de investigación para el entendimiento de los objetivos, requerimientos, diseño, desarrollo y validación de los nuevos sistemas tecnológicos (Sundaravej, 2010; Ajzen, 1991; Venkatesh y Bala, 2008).

La metodología de investigación es aquel procedimiento empleado para obtener la información necesaria requerida para lograr los objetivos y las metas de la investigación cualquiera que esta sea. Así mismo se considera como la teoría que analiza todos aquellos principios y procedimientos para la realización de consulta en alguna disciplina particular. Por ende, actúa como una guía general para solucionar problemas, detallando sus componentes específicos; llevándolos a través de las fases, tareas, métodos, técnicas y herramientas a la validación y refinamiento de la hipótesis propuesta y organizarla de acuerdo a la estructura de estudio (Park, Nam y Cha, 2012; Romero, Real, Ordoñez, Gavino y Saldarriaga, 2022; Lascano, Real y Arbeláz, 2022).

Existen diversos métodos empleados para la recolección y búsqueda de información a través de diversas fuentes; como lo es muestreo, observación del ambiente de estudio, prototipado y requerimientos de diseño categóricos. Así mismo existen dos categorías principales de investigación las cuales son cualitativas o cuantitativas, mismas que deberán identificarse al momento del desarrollo metodológico. En este mismo contexto, se sabe que una investigación cuantitativa se asocia con una característica cuantificable mientras que la investigación cualitativa es una condición interpretativa (Vizcaíno, Cedeño y Maldonado, 2023; Marsh y Hocevar, 1988). Como menciona Atehortúa, 2012 en su artículo la metodología de investigación ya sea cualitativa o cuantitativa siempre debe establecer la importancia del rigor y la legitimidad de esta misma, rescatando que existe una fuerte complementariedad entre la investigación cualitativa y la cuantitativa (Atehortúa y Zwerp-Villegas, 2012).

Modelos TAM

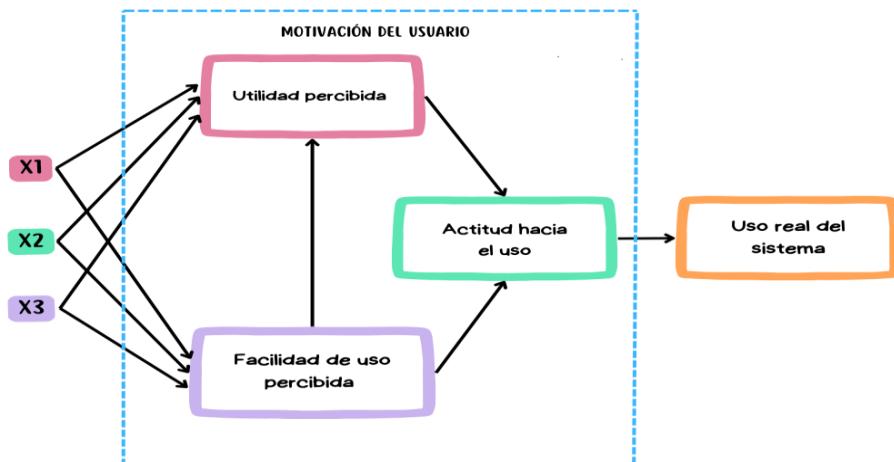
Diversas perspectivas teóricas relacionadas con los nuevos desarrollos tecnológicos, deberán considerarse para entender cómo el usuario final selecciona o utiliza las diversas aplicaciones tecnológicas que se le presentan (Creswell, 2011; Fishbein y Ajzen, 1975). De la misma forma, se presentan herramientas teóricas que facilitan la comprensión de la correcta implementación de las nuevas herramientas y aplicaciones de IT (Maciejasz, Eschweiler, Gerlach-Hahn, Jansen-Troy y Leonhardt, 2014).

Algunas de las teorías relacionadas con la investigación hacia el uso de nuevas tendencias tecnológicas o herramientas IT son la teoría de difusión de innovación (IDT), teoría de comportamiento planeado (TPB), Modelo de aceptación tecnológica (TAM), siendo el último el de mayor interés para esta investigación (Bagozzi y Yi, 1988; Lee, Kozar y Larsen, 2003).

El modelo de aceptación tecnológica es favorecido como uno de los más utilizados para la identificación de usuarios que aceptan nuevas tecnologías, y cómo estos usuarios las adoptan. Esta teoría se basa en principios adoptados sobre el paradigma de actitud psicológica del usuario (Li, Yang, Cai y MacLeod, 2017). A través de esta teoría se establece el cómo se puede medir el comportamiento relevante de un usuario a partir de sus actitudes, haciendo diferencias significativas entre creencias y actitudes. Además, se puede especificar como un estímulo externo se vincula con las creencias, actitudes y comportamiento (Marikyan y Papagiannidis, 2023).

La representación gráfica del modelo de aceptación de la tecnología propuesto por Davis (1986), se observa en la Figura 1. En donde todas las conexiones son consideradas como relaciones causales en relación con la acción del sistema. El diseño establece como premisas que la actitud general de cualquier usuario potencial a usar un sistema o de una determinada tecnología es un determinante importante, ya que se sabrá si realmente lo utilizará o no. Pero, se hace notar que la actitud hacia el uso, es aquella función que depende de la utilidad y facilidad de uso percibida por todo aquel usuario.

Figura 1. Propuesta original del TAM. Fuente: Davis (1986)



Donde, la *Facilidad de Uso Percibida* (FUP) por el usuario es de efecto causal sobre la *Utilidad Percibida* (UP). Es decir, son características directamente ligadas y dependientes. Entonces cualquier diseño o esquema de medición de la correlación existente considerará a priori que la utilidad percibida y la facilidad de uso percibidos por el usuario tienen relación directa. Sin embargo, el autor menciona que las características de diseño se consideran como variables externas bajo las características establecidas en el paradigma de Fishbein. Por lo tanto, se considera que FUP y UP tienen un efecto directo sobre la *Actitud Hacia el Uso* (AHU), y el *Uso Actual del Sistema* (AUS) es quien guarda toda esa relación (Davis, 1986). El modelo se puede expresar utilizando las siguientes cuatro ecuaciones:

$$FUP = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \varepsilon \quad (1)$$

$$UP = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i + \beta_{i+1} FUP + \varepsilon \quad (2)$$

$$AHU = \beta_1 FUP + \beta_2 UP + \varepsilon \quad (3)$$

$$AUS = \beta_1 AHU + \varepsilon \quad (4)$$

Donde:

X_i = Característica de Diseño $i, i = 1, \dots, n$

FUP = Facilidad de uso percibida

UP = Utilidad percibida

AHU = Actitud hacia el uso

AUS = Uso actual del sistema

β_1 = Coeficiente de regresión parcial estandarizado

ε = Término de error aleatorio

Otras teorías establecen que el rendimiento individual se puede determinar a partir de la actitud individual, y las normas que conciernen a ese comportamiento en cuestión. El modelo TAM identifica la aceptación del usuario a partir de sus características particulares de cualquier tecnología en función de dos factores: utilidad percibida, y la facilidad de uso percibido (Davis, 1989; Venkatesh y Davis, 2000). Donde la utilidad percibida es por definición el grado al cual un individuo cree que usando un particular sistema alcanzara el máximo rendimiento en sus tareas. Y la facilidad de uso percibido se considera como el grado al cual un individuo cree que usando un particular sistema se liberara de un esfuerzo físico y mental (Ajzen y Fishbein, 1980; Cabero, Barroso y Llorente, 2016). El TAM sostiene que, si una tecnología o innovación mejora el desempeño de una persona y no aumenta en gran medida el esfuerzo requerido para realizar una función, se considera útil y fácil de usar, y la persona tendrá más probabilidades de adoptar la tecnología, el servicio o el comportamiento (Ma y Liu, 2004).

Por tal razón, el modelo de aceptación tecnológica puede determinarse directamente por la actitud, utilidad percibida, y facilidad de uso percibido. Además, el TAM define que la intención individual del uso de la tecnología, determina el uso actual de la aplicación y las actitudes hacia el efecto de la intención de la tecnología. Siendo así que la teoría del modelo de aceptación tecnológica es ampliamente usada en contextos de investigación, desarrollo e innovación con algunos tipos de aplicaciones tecnológicas (Varela, 2004; Scherery Teo, 2019).

Tipo de Estudio y Diseño de la Investigación

El estudio que se llevará a cabo con estudiantes de una Institución de Educación Superior (IES) en el contexto de un laboratorio remoto será de tipo cuantitativo, correlacional y transversal. Se aplicará *Ánálisis Factorial Confirmatorio* (AFC) para evaluar la validez y confiabilidad del modelo TAM (Park, 2009), además se aplicará un *Ánálisis de Mediación Múltiple* (AMM) para determinar la efectividad de las predicciones de su modelo, y de esta manera poder discutirlas.

Métodos y herramientas estadísticas

Las medidas de bondad de ajuste que serán evaluadas en esta investigación se muestran en la Tabla 1. Estas son: la *Ji cuadrada* (χ^2), la *Raíz Cuadrada Media del Residuo* (RMR), el *Error Cuadrático Medio de*

Aproximación (RMSEA), el *Índice de Bondad de Ajuste* (GFI) y el *Índice de Bondad de Ajuste Normado* (AGFI). Además, se analizará el de *Ajuste Comparativo* (NFI). Donde el NFI varía de 0 a 1, y los valores superiores a 0.9 indican un buen ajuste. Estas métricas permiten evaluar la adecuación del modelo TAM en un contexto educativo mediante laboratorios remotos

Tabla 1. Medidas de ajuste

Métrica	Valor Recomendado
χ^2	$p>0.05$
RMR	<0.05
RMSEA	<0.1
GFI	<0.9
AGIFI	<0.9
NFI	<0.9

Materiales y Métodos

El presente estudio se basa en un análisis cuantitativo de las variables que intervienen en la aceptación de una nueva tecnología o sistema tecnológico por parte del usuario y se utilizó un cuestionario basado en el modelo de aceptación tecnológica para identificar la correlación entre estas variables y el objeto de estudio.

Los estudios cuantitativos describen las percepciones de la población de estudio. Es decir, se describe la relación entre sus variables que intervienen. Los estudios cuantitativos son fáciles de conducir y consumen un menor tiempo durante el proceso de adquisición de los datos de investigación. Por lo tanto, es importante considerar que el diseño del cuestionario, junto con un análisis cuantitativo, se empleó en este estudio para examinar las variables en la adopción del modelo y así tener el alcance de la evaluación usando el nuevo sistema tecnológico.

El cuestionario consta de una serie de preguntas que se responden bajo supuestos en una escala de Likert y esta se aplica para cada set del cuestionario. La escala de Likert se diseña para examinar qué tan fuertemente la población está de acuerdo o en desacuerdo con las preguntas ahí definidas y se cuenta con una escala de cinco puntos. 1: Estoy totalmente en desacuerdo; 2: Estoy en desacuerdo; 3: Neutro; 4: Estoy de acuerdo; 5: Estoy totalmente de acuerdo.

En el presente estudio se planteó una metodología en cascada de tres fases mismas que se describirán a continuación. Pero es importante considerar antes que el muestreo es un procedimiento en donde se utiliza un conjunto pequeño de una población dada como base, con el propósito de obtener conclusiones particulares para la población completa. Por lo tanto, la muestra es aquel conjunto definido de una población comprimida basado en una serie de reglas estadísticas.

El análisis de datos permite obtener una visión general de la muestra y sus atributos. Segundo se puede valorar la bondad de los datos, y finalmente validar la hipótesis establecida. Donde finalmente, el objetivo del cuestionario es evaluar la aceptación del nuevo sistema tecnológico. Por esta razón, el cuestionario diseñado contiene información personal, utilidad percibida, facilidad de uso percibida, satisfacción del usuario y atributos de usabilidad.

Por lo general, la metodología se desarrolla a partir de la experiencia del autor y en este caso se conjuga la función del cuestionario de aceptación tecnológica con el propósito de validar la aceptación de nuevos sistemas tecnológicos en el usuario. Esta metodología de investigación se presenta en tres fases, como se observa en la Figura 2.

La fase inicial planteamiento del problema y objetivos se enfoca en el entendimiento de los objetivos de investigación convertido en una definición del problema y objetivos a alcanzar. La fase intermedia desarrollo se enfoca en el diseño e implementación de la investigación con base en el cuestionario de aceptación tecnológica, en donde a partir de la muestra se realiza la obtención de datos y su procesamiento. La fase final evaluación y resultados se enfoca en el análisis de los resultados del cuestionario basado en el modelo de aceptación tecnológica, todo en función de las métricas estadísticas establecidas. Aquí es donde se finaliza la documentación.

Figura 2. Diagrama de la metodología propuesta



Fuente: Elaboración Propia

En este estudio la teoría TAM será usada con el propósito de estructurar el proceso de investigación y abonar en la mejora del entendimiento de la aceptación y uso de los nuevos sistemas tecnológicos. Los factores individuales como edad, género, y habilidades se consideran como variables externas. La utilidad percibida es valorada por el significado del contenido y beneficios del nuevo sistema tecnológico.

La funcionalidad de la aplicación se describe a través de la facilidad de uso percibida. La actitud consiste de la motivación de uso del mismo sistema, así como satisfacción y experiencia de uso.

Resultados y Discusión

Usando software se categoriza el diseño del cuestionario basado en el modelo de aceptación tecnológica considerando la escala de Likert de 1 a 5. Este análisis de resultados de la utilidad percibida, la facilidad de uso percibida, la satisfacción del usuario y los atributos de usabilidad. Todas estas categorías permiten identificar en la investigación la aceptación del usuario a los nuevos sistemas tecnológicos. Los altos niveles de satisfacción del usuario son importantes, ya que se busca identificar los efectos de las cuatro componentes de satisfacción, que se describen a continuación.

Utilidad percibida (UP) se define como el grado al cual el usuario creerá que su práctica profesional mejorará con el uso del nuevo sistema tecnológico. La medición de utilidad percibida incluye cinco preguntas adaptables al contexto particular como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Preguntas para medir de la Utilidad Percibida

Parámetros	Definición	Preguntas para medir
Utilidad Percibida (UP)	La utilidad percibida es un sentimiento que tienen los estudiantes hacia la mejora en el desarrollo de habilidades de la plataforma.	UP1: La plataforma permitirá a los estudiantes obtener la información de la última práctica realizada rápidamente. UP2: La plataforma permite a los estudiantes hacer un seguimiento de los resultados de la última práctica desde fuera del laboratorio. UP3: La plataforma es útil para el intercambio rápido de información entre los estudiantes. UP4: La plataforma ahorrará tiempo a los estudiantes y a los instructores. UP5: El uso de la tecnología de la plataforma mejoraría mi desempeño en el desarrollo de habilidades sobre circuitos integrados.

Fuente: Elaboración propia

La facilidad de uso percibida (FUP) fue considerada como el grado al cual se cree que usado el nuevo sistema tecnológico se mejorara la calidad de la práctica profesional particular. La medición de facilidad de uso percibida comprende de cinco preguntas modificables al contexto en base al contexto particular como se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3. Preguntas para medir la Facilidad de uso Percibida

Parámetros	Definición	Preguntas para medir
Facilidad de uso percibida (FUP)	La facilidad de uso percibida se refiere al nivel de facilidad que los estudiantes sienten al usar la plataforma.	<p>FUP1: Aprender a operar la plataforma me resultaría fácil.</p> <p>FUP2: Me resultaría fácil lograr que la plataforma haga lo que quiero.</p> <p>FUP3: Mi interacción con la plataforma sería clara y comprensible.</p> <p>FUP4: Me parecería que la plataforma es flexible para interactuar con ella.</p> <p>FUP5: Me resultaría fácil adquirir la habilidad necesaria para usar la plataforma.</p>

Fuente: Elaboración propia

La satisfacción de usuario (SU) es el grado de satisfacción personal del usuario y se afecta en gran medida por las expectativas del usuario. La medición de utilidad percibida comprende de cinco preguntas modificables al contexto en base al contexto particular como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Preguntas para medir la Satisfacción del usuario

Parámetros	Definición	Preguntas para medir
Satisfacción del usuario (SU)	La satisfacción del usuario se refiere al nivel de satisfacción que sienten los estudiantes al usar la plataforma.	<p>SU1: Estoy completamente satisfecho con el uso de la plataforma.</p> <p>SU2: Me siento muy seguro al usar la plataforma.</p> <p>SU3: Me resultó fácil compartir información sobre el desarrollo de habilidades usando la plataforma.</p> <p>SU4: Puedo completar la tarea rápidamente usando este procedimiento.</p> <p>SU5: Creo que el uso de la plataforma aumentará la calidad de la industria de chips de diseño.</p>

Fuente: Elaboración propia

El atributo de usabilidad (AU) actúa como un puente entre los objetivos humanos y el sistema. La medición de utilidad percibida comprende de cinco preguntas modificables al contexto en base al contexto particular como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Preguntas para medir el Atributo de usabilidad

Parámetros	Definición	Preguntas para medir
Atributo de usabilidad (AU)	El atributo de usabilidad muestra los problemas potenciales en la plataforma. La usabilidad ayuda a obtener retroalimentación sobre lo que es o no es correcto para comprender lo que hacen los usuarios y también cómo interactúan con el sistema para aumentar el progreso en el uso de la plataforma.	AU1: Es fácil para los estudiantes interactuar con la plataforma. AU2: El procedimiento a través de la plataforma es fácil para ellos. AU3: Me resultó fácil decidir qué caso se debía presentar. AU4: Descubrí que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas para que fuera más fácil. AU5 Creo que me gustaría usar este sistema para aumentar el rendimiento del desarrollo de habilidades sobre circuitos integrados.

Fuente: Elaboración propia

El diseño y evaluación del modelo de aceptación tecnológica para las plataformas de laboratorios remotos en el diseño de circuitos integrados de uso dedicado lo cual es el primer paso en el desarrollo y maduración de este tipo de desarrollo de sistemas tecnológicos. Estos resultados obtenidos permiten continuar en la línea de acción del desarrollo de este tipo de plataformas que desarrollan habilidades y capacidades técnico científicas en usuarios del ramo.

Conclusión

La investigación cumplió con los objetivos trazados en un principio. Diseño y construcción del cuestionario modelo de aceptación tecnológica para su aplicación en plataformas digitales de laboratorios remotos. El diseño del actual instrumento de evaluación permitirá identificar las mejores características del modelo de aceptación tecnológica en referente al uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) y sus aspectos culturales, particularmente en el trabajo de laboratorio en las áreas de eléctrica, electrónica y sistemas digitales. Esta investigación lograra identificar la conexión entre las dimensiones culturales, el uso y sobre todo la aceptación de las TIC en el aula y a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje.

En la bibliografía encontramos estudios orientados a la aceptación y adaptación del uso de tecnología en ambientes educativos. También fue posible identificar factores individuales que influyen en los estudiantes y docentes para el uso efectivo de la tecnología y trabajar en ambientes virtuales y remotos a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje. Sobre todo, se identifican ambientes colaborativos desde el trabajo en el aula, características actitudinales, referentes al educacional y las competencias académicas asociadas a la aceptación.

Los esquemas teóricos del modelo de aceptación de la tecnología (TAM), Proveen un enfoque amplio para comprender los procesos de enseñanza y aprendizaje en las aulas y laboratorios de ambiente remoto considerando una perspectiva funcionalista y el constructivista.

Por lo tanto, consideramos aptos a todo aquel docente y estudiante con actitudes positivas en el cuestionario con referencia al uso de la tecnología; valorando un mayor grado de aceptación de estas herramientas en su práctica estudiantil. Sin embargo, los logros de estos modelos planteados dependerán del grado de resistencia tecnológica, la percepción de utilidad, la facilidad de uso, la comprensión de los sistemas institucionales, y el efecto en el estudiantado.

Todas estas consideraciones se observan reflejadas en el cuestionario del modelo de aceptación tecnológica del Laboratorio Remoto para el diseño de circuitos integrados. Este cuestionario se presenta a continuación en el siguiente formulario. <https://forms.office.com/r/QeJK5H2Mf4>,

Figura 3. QR acceso al cuestionario



Fuente: Elaboración Propia

Bibliografía

- Abu-Dalbouh, H. M. (2013). A Questionnaire Approach Based On The Technology Acceptance Model For Mobile Tracking On Patient Progress Applications. *Journal of Computer Science*, 9(6), 763-770.
- Ajzen, I. (1991). The Theory Of Planned Behavior. *Organizational Behavior And Human Decision Processes*, 50(2), 179-211.
- Ajzen, I. and M. Fishbein, (1980). *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. 1st Edn., Prentice Hall, Englewood Cliffs, ISBN-10:0139364439, 278.
- Atehortúa, F. H. R., y Zwerp-Villegas, A. M. (2012). *Metodología de la investigación: más que una receta*. AD-minister, (20), 91-111.
- Bagozzi, R. P., y Yi, Y. (1988). On the Evaluation of Structural Equation Models. *Academy of Marketing Science*, (16), 76-94. <https://doi.org/10.1007/BF02723327>
- Burton-Jones, A. and G.S. Hubona, (2005). Individual Differences And Usage Behavior: Revisiting Technology Acceptance Model Assumption. *DatabaseAdv. Inform.*, 36: 58-77. DOI:10.1145/1066149.1066155
- Cabero Almenara, J., Barroso Osuna, J., y Llorente Cejudo, M. D. C. (2016). Technology acceptance model y realidad aumentada: estudio en desarrollo. *Revista Lasallista de investigación*, 13(2), 18-26.
- Chau, P.Y.K. And P.J.H. Hu, (2001). Information Technology Acceptance by Individual Professionals: A Model Comparison Approach. *Decision Sci.*, 32:699-719. DOI: 10.1111/j.1540-5915.2001.tb00978.x
- Chau, P.Y.K. and P.J.H. Hu, (2002b). Examining a Model of Information Technology Acceptance By Individual Professionals: An Exploratory Study. *J. Manage.Inform. Syst.*, 18: 297-311.
- Chismar, W.G. and S. Wiley-Patton, (2003). Does The Extended Technology Acceptance Model Apply to Physicians. *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, Jan. 6-9, IEEE Xplore Press, 160-167. DOI:10.1109/HICSS.2003.1174354
- Creswell, J.W., (2011). *Educational Research: Planning, Conducting and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. 4th Edn., Pearson Education, Boston, ISBN10: 0132613948, 650.
- Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*.
- Davis, F. D. (1986). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results. [Doctoral dissertation] MIT Sloan School of Management. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/15192>
- Davis, F.D. and V. Venkatesh, (2004). Toward Preprototype User Acceptance Testing of New Information Systems: Implications for Software Project Management. *IEEE Trans. Eng. Manage.*, 51:31-46.
- Davis, F.D., (1993). User Acceptance of Information Technology: System Characteristics, User Perceptions and Behavioral Impacts. *Int. J. Man-Mach. Stud.*, 38: 475- 487. DOI: 10.1006/imms.1993.1022
- De Vora A (2006) A General Framework for a Module Based Distributed Online- Lab Network based on OpenSource Technologies. University of Limerick Ollscoil Luimnigh. Limerick, Ireland.
- Donzellini G., Ponta D., Garcia-Zubia J. y Del Moral A. (2008). PBL en Electrónica Digital: Un Ejemplo. Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica TAEE 2008.
- Fishbein, M. and I. Ajzen, (1975). *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. 1st Edn., Addison-Wesley, Reading, Mass., ISBN10: 0201020890, 578.

- Lascano L., E., Real Cotto, J. J., Romero Urréa, H., Jaramillo Feijoo, L. E., Haro Alvarado, J. I., Real Roby, R. A., y Arbeláez Rodríguez, G. del R. (2022). Herramientas Estadísticas Aplicadas a la Investigación Científica 1era Edición. ACVENISPROH Académico. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/ACLIB0018>
- Lee, S.M., I. Kim, S. Rhee and S. Trimi, 2006. The role of exogenous factors in technology acceptance: The case of object-oriented technology. *Inform. Manage.*, 43: 469-480. DOI: 10.1016/j.im.2005.11.004
- Lee, Y., Kozar. A., y Larsen, K. R. (2003). The technology acceptance model: Past, present, and future. *Communications of the Association for information systems*, 12(1), 50.
- Li, Y., Yang, H. H., Cai, J., y MacLeod, J. (2017, June). College Students' Computer Self-efficacy, Intrinsic Motivation, Attitude, and Satisfaction in Blended Learning Environments. In *International Conference on Blended Learning* (pp. 65-73). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59360-9_6
- Linge N. y Parsons D. (2006). Problem based learning as an effective tool for teaching computer network design. *IEEE Transactions on education*, 49(1), 5-10.
- Ma, Q. and L. Liu, 2004. The technology acceptance model: A meta-analysis of empirical findings. *J. Organ. User Comput.*, 16: 59-72.
- Maciejasz, P., Eschweiler, J., Gerlach-Hahn, K., Jansen-Troy, A., y Leonhardt, S. (2014). A Survey on Robotic Devices for Upper Limb Rehabilitation. *Journal Ofneuroengineering and Rehabilitation*, 11(1), 3. 7
- Marikyan, D.y Papagiannidis, S. (2023) Technology Acceptance Model: A review. In S. Papagiannidis (Ed), TheoryHub Book. Available at <https://open.ncl.ac.uk/> ISBN: 9781739604400
- Marsh, H. W., y Hocevar, D. (1988). A New More Powerful Approach to Multitrait-Multimethod Analysis: Application of Second-Order Confirmatory Analysis. *Journal of Applied Psychology*, 73(1), 107-117. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.73.1.107>
- Park, S. Y. (2009). An Analysis of the Technology Acceptance Model in Understanding University Students' Behavioral Intention to Use e-Learning. *Educational Technology y Society*, 12(3), 150-162.<https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeductechsoci.12.3.150>
- Park, S. Y., Nam, M. W., y Cha, S. B. (2012). University students' behavioral intention to use mobile learning: Evaluating the technology acceptance model. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 592–605. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01229.x>
- Romero Urréa, H., Real Cotto, J. J., Ordoñez Sánchez, J. L., Gavino Díaz, G. E., y Saldarriaga, G. (2022). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. ACVENISPROH Académico. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/ACLIB0017>
- Rodriguez Mejia J. R., Nandayapa Alfaro M. J., Pinto Santos J. A., (2023). Laboratorios Remotos como Ambientes para la enseñanza y experimentación de sistemas digitales y control en ingeniería. Enfoques y métodos para resolver problemas sociales y productivos de manera sostenible. CENID, págs. 149-171. . <https://doi.org/10.23913/97607830206>
- Scherer, R., y Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90-109.
- Sundaravej, T. (2010). Empirical Validation of Unified Theory of Acceptance and Use Of Technology Model. *Journal of Global Information Technology Management*, 13(1), 5-27.

- Varela, L. A. Y. (2004). Modelo de aceptación tecnológica (TAM) para determinar los efectos de las dimensiones de cultura nacional en la aceptación de las TIC. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, 14(1), 131-171.
- Venkatesh, V. and Davis, F. D. (2000), "A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies", *Management Science*
- Venkatesh, V., y Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315.
- Vizcaíno Zúñiga, P. I., Cedeño Cedeño, R. J., y Maldonado Palacios, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Yarbrough, A.K. and T.B. Smith, 2007. Technology acceptance among physicians: A new take on TAM. *Med. Care Res. Rev.*, 64: 650-672. DOI: 10.1177/1077558707305942

Curriculums

Perla Ivette Gómez Zepeda, titulada en 2007 como Licenciada en Administración, obtuvo el grado de Maestría en Administración de Negocios Internacionales en 2009, egresada en ambos casos del Tecnológico Nacional de México (TecNM) Campus Ciudad Juárez (ITCJ) y Doctora en Administración egresada en 2019 de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Es Profesora de Tiempo Completo de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ) en el área Logística Internacional y Profesora de Asignatura en el área de Educación a Distancia en el ITCJ. Miembro de la Red Latinoamericana de Estudios de Género (RELEG) desde 2022, reconocida por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología de México (CONAHCYT) desde enero de 2024 como Candidato al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

Rigoberto Reyes Valenzuela

Rigoberto Reyes Valenzuela: Originario de Huatabampo, Sonora, México, estudió la carrera de Licenciatura en Sistemas Computacionales en la Universidad de Occidente, en Los Mochis, Sinaloa, obtuvo el grado de Maestro en Administración por la Universidad de Sonora, y actualmente estudia el doctorado en Tecnología Educativa, en la Universidad Da Vinci, Profesor de Tiempo Completo con perfil PRODEP del Tecnológico Nacional de México. cuenta con una experiencia profesional de 32 años en el sector educativo nacional del área tecnológica, en provincia se desempeñó como Director del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz y como Subdirector en los Institutos Tecnológicos de: Huatabampo, Sonora, Ciudad Jiménez, Chihuahua y Valle del Yaqui en Bácum, Sonora, México.

Ana Isela García Acosta

Realizó su Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (2021) y la Maestría en Ingeniería Industrial (2009) en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, la Licenciatura en Ingeniería Industrial en el TecNM/Instituto Tecnológico de Delicias. Cuenta con 10 años de experiencia laboral en la Industria maquiladora. Ha desempeñado el puesto de Coordinadora de la Maestría en Ingeniería Administrativa e Industrial en la División de Estudios de Posgrado del TecNM/ITCJ. Actualmente trabaja como Profesor Investigador en la División de Estudios de Posgrado TecNM/ITCJ. Perfil PRODEP, Miembro del Claustro Doctoral del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y Consejo de la Maestría en Ingeniería Industrial.

Diego Adiel Sandoval Chávez

Profesor-investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del TecNM/IT de Ciudad Juárez. Profesor Decano, Presidente del Claustro Doctoral. Graduado con mención honorífica de Doctor en Investigación con énfasis en Energía, Medioambiente y Sociedad. Maestría en Ciencias en Ingeniería Industrial, Master of Science in Manufacturing Engineering. Ingeniero Industrial en Producción. Diplomado en Energías Renovables en Harvard University, Diplomado en Ecología Política en Universidad Autónoma de México. Miembro del SNI Nivel I, cuenta con la acreditación Perfil Deseable de PRODEP.

Luis Adrián Lozoya Muñoz

Licenciado en Administración de Empresas y Licenciado en Contaduría por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Posteriormente, obtuvo la Maestría en Finanzas en la Universidad Autónoma de

Chihuahua (UACH) y el Doctorado en Ciencias Administrativas en la UACJ. Recientemente ha sido aceptado para formar parte del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII). En el ámbito de la investigación, sus líneas principales se centran en la Competitividad, la Gestión Financiera y el Posicionamiento de pequeñas y medianas empresas (PyMEs). En el campo laboral, actualmente funge como Coordinador de la Licenciatura en Finanzas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, además de desempeñarse como docente de tiempo completo y en la misma institución. Complementa su labor académica con su experiencia práctica como asesor financiero y contable para PyMEs, ofreciendo soluciones personalizadas que contribuyen al crecimiento y sostenibilidad empresarial.

Ulises Mendoza Arvizu

Ingeniero electrónico por el Tecnológico de Ciudad Juárez, Maestría en Administración por la universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Doctorado en Ciencias de la Administración por la UNAM, actualmente coordinador de la Maestría en Administración y pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1

Jesús Alberto Urrutia De la Garza

Doctor en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México, Maestría en Negocios con especialidad en Mercadotecnia por la Universidad Tec Milenio AC, y Licenciatura en Administración de Empresas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Profesor Investigador de Tiempo Completo, en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, incorporado al Departamento de Ciencias Administrativas en los programas de Licenciatura en Administración de Empresas, Maestría en Administración y Doctorado en Ciencias Administrativas. Fue Coordinador de la Licenciatura en Administración de Empresas y actualmente se desempeña como Subdirector de Vinculación en esta Universidad. Perfil PRODEP, miembro del Cuerpo Académico de Estudios sobre Turismo y Tiempo libre. Especialidad: Dirección de negocios, Pymes, redes empresariales, competitividad, mercadotecnia.

Rafael García Martínez

Profesor de Tiempo Completo con perfil PRODEP del Tecnológico Nacional de México. Candidato a Investigador del SNI del CONAHCYT. perfil PRODEP. Línea de investigación: modelación mediante Modelos de Ecuaciones Estructurales; optimización experimental. evaluador en los programas: Fondo Mixto CONAHCYT-Gobierno del Estado de Baja California; Fondo Mixto CONAHCYT-Gobierno del Estado de Tlaxcala; Programa de Estímulos a la Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado 2010, CONAHCYT, AMSDE y la Rednacecyt. Coordinador regional de la zona noroeste del programa SUPERA ANUIES. Director del Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui (2010-2017).

Salvador Noriega Morales

Profesor de Tiempo Completo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Profesor de Tiempo Parcial en la Universidad Autónoma de México. Perfil PRODEP. Investigador perteneciente al nivel I del Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCYT con ocho años de antigüedad, con más de 50 publicaciones en revistas internacionales (JCR), más de 200 memorias de conferencias, tres libros en coautoría. Empresario. Experiencia a nivel gerencial en la industria.

Tomás Francisco Limones Meraz

Es Profesor de Tiempo Parcial con perfil PRODEP del Tecnológico Nacional de México. Candidato a Investigador del SNI del CONAHCYT. Con 18 publicaciones en revistas a nivel nacional e internacional.

Jefe de Departamento en ITCJ agosto 2015-mayo 2016 Metal Mecánica y agosto 2017-sept 2022 Ingeniería Industrial. Con reconocimientos a nivel nacional primer lugar premio RMG 2016 y primer lugar premio estatal mi trabajo, mi futuro noviembre 2019. Con 2 registros en propiedad intelectual y 2 en derechos de autor.

Martín Pillado Portillo

Ingeniero de Mantenimiento con experiencia en la gestión y supervisión de equipos en 3M Edumex (2019-presente), donde lidera proyectos Lean Six Sigma, analiza KPIs (MTBF, MTTR, OEE) con herramientas como Excel y Power BI, y administra sistemas CMMS, garantizando el cumplimiento de normas ISO 9000/14001. Anteriormente, como Supervisor de Mantenimiento en Eagle Ottawa (2016-2018), fue responsable de la administración de TPM, PM y MC, optimización de costos, análisis de tiempos muertos y coordinación con proveedores. También, desempeñó el rol de Analista de Mantenimiento (2015-2016), enfocándose en la programación de rutinas, implementación de mejoras, auditorías de limpieza industrial y control documental. Dominio del español e inglés, y habilidades en liderazgo, Lean Six Sigma, MS Office, AutoCAD, PLCs, sistemas mecánicos y eléctricos. Profesor en la carrera de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

Cristina Quintero Ávila, es licenciada en Ingeniería Industrial con Maestría en Ingeniería Industrial, cuenta con dominio avanzado del idioma inglés y español. Cuenta con formación en gestión de aulas, comunicación efectiva y herramientas tecnológicas, además de nivel avanzado de Microsoft Office. Es profesor a nivel universitario en el área de Ingeniería Industrial y Logística en el Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Juárez del año 2021 a la fecha, apoyando además en preparación de materiales, evaluación de estudiante y desarrollo de contenidos curriculares.

Luis Gerardo Esparza Ramírez

Cuenta con una Licenciatura en Ingeniería Industrial (2011-2015), una Maestría en Ingeniería Industrial (2018-2020) y posteriormente profundizó en temas como la gestión de proyectos y las tecnologías avanzadas de manufactura, lo que me permitió implementar soluciones innovadoras en el ámbito laboral. Actualmente, continúa su formación con un Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (2023-2027), con el objetivo de contribuir al desarrollo de nuevas metodologías y herramientas en el campo de la ingeniería. En el ámbito profesional, inició su carrera en Adient como Lead Design Engineer (2014-2022), posteriormente como Sr. Product Engineer en Stellantis (2022-2023) y Project Coordinator en Signata (2023-2024). Desde el año 2024, se desempeña como Sr. Product Engineer en Bizlink y en paralelo, desde el año 2020, ejerce como docente en el TecNM Campus Ciudad Juárez.

Xóchitl Graciela Rivas

Es egresada de la licenciatura en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Los Mochis, cursó la Maestría en Calidad Seis Sigma por la Universidad Regional del Norte, con la especialidad en proyectos DMAIC y mejora continua. Actualmente cuenta con 9 años de experiencia como docente en el área de Logística Internacional y Gestión de Proyectos en la Universidad Tecnológica Paso del Norte, impartiendo materias como: Diseño de Sistemas de Producción, Gestión de la Calidad, Investigación de Operaciones, Estadística Aplicada a la Logística, Administración de Sistemas Logísticos, Redes Logísticas y Gestión de la Cadena de Suministro.

Luz Angélica Aguilar Chávez

Egresada de la licenciatura en Matemáticas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez y cursó una Maestría en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez/TECNM con honores, obteniendo los promedios más altos de su programa y del departamento de posgrado e investigación. Se ha desarrollado en áreas estadísticas como el modelado por redes Bayesiana, el uso de softwares estadísticos para el modelado de problemas que involucran incertidumbre, así como la construcción de modelos de situaciones de índole sociales.

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Profesor Decano en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez / División de Posgrado e Investigación. Obtuvo su PhD. en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez en 1998. Sus intereses de investigación incluyen diseño experimental, métodos de superficie de respuesta e Ingeniería de Confiabilidad. Es autor de más de 100 artículos de revistas en estas áreas. Doctor Rodríguez es miembro de la Asociación Americana de la Calidad, así como Miembro Senior del Instituto de Ingenieros Industriales.

Blanca Margarita Aguilar Rodríguez

Tiene la licenciatura en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Mexicali y la Maestría en Dirección de Proyectos de Innovación, por la Universidad Tecnológica Latinoamericana. Cursó el Diplomado para la formación de tutores y el Diplomado en recursos educativos en ambientes virtuales de aprendizaje, por el Instituto Tecnológico de Mexicali. De igual forma el Diplomado para la Formación y Desarrollo de Competencias Docentes también por el Instituto Tecnológico de Mexicali. Cursó el Diplomado en Semiconductores y el Diplomado en Ciencia de Datos, por el Tecnológico Nacional de México. Actualmente es Jefa del departamento de Mantenimiento y Equipo del Instituto Tecnológico de Mexicali.

Elizabeth Mora Moreno

Tiene la licenciatura en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Mexicali y Maestría en Planeación y Desarrollo Sustentable, por la Universidad Autónoma de Baja California, además el Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable, por la Universidad Autónoma de Baja California. Cursó el Diplomado para la formación de tutores, por el Instituto Tecnológico de Mexicali y el Diplomado en recursos educativos en ambientes virtuales de aprendizaje, por el Instituto Tecnológico de Mexicali. Actualmente es jefa del departamento de División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Mexicali.

Alma Yesenia González Meza

Tiene la Licenciatura en Ingeniería Industrial, por el Instituto Tecnológico de Mexicali y la Maestría en Educación con Opción en Desarrollo Organizacional, por Cetys Universidad. Está Certificada como Auditor de Calidad por la Asociación Americana para la Calidad (ASQ) y también Certificada como Analista de Proyectos de Calidad por la Asociación Americana para la Calidad (ASQ). Cursó el Diplomado de Seis Sigma Green Belt por el Instituto de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), es Maestra Asesora de la Rama Estudiantil ASQ-ITM. Actualmente es Jefa del Departamento de Recursos Humanos del Instituto Tecnológico de Mexicali. Fue Jefa del Departamento de Ingeniería Industrial y Auditor Líder

del Sistema de Gestión del Instituto Tecnológico de Mexicali. Se desempeñó como Jefa de Proyectos de Vinculación del Departamento de Ing. Industrial del Instituto Tecnológico de Mexicali.

Jesús Francisco Gutiérrez Ocampo

Licenciado en Sistemas Computacionales por la Universidad Autónoma de Baja California, cuenta con Maestría en Administración Internacional, Iberoamericana; Maestría en Administración General por la UABC y Doctorado en Ciencias Administrativas por la UABC. Se ha capacitado en Diplomados en Innovación, ADIAT y Diplomado en Desarrollo Económico, Universidad de Oklahoma y Universidad de Nuevo México. Fue Miembro del COTAPREP del INE 2015, Secretario Técnico Red de Vinculación ANUIES 2012. En el área académica se desarrolla como Maestro del Doctorado en Administración del TECNM, Coordinador de Acreditación del CACEI y Miembro del Comité Editorial Europeo, EUSER.

Rigoberto Reyes Valenzuela

Originario de Huatabampo, Sonora, México, estudió la carrera de Licenciatura en Sistemas Computacionales en la Universidad de Occidente, en Los Mochis, Sinaloa, obtuvo el grado de Maestro en Administración por la Universidad de Sonora, y actualmente estudia el doctorado en Tecnología Educativa, en la Universidad Da Vinci; Actualmente es Profesor de Tiempo Completo con perfil PRODEP del Tecnológico Nacional de México, cuenta con una experiencia profesional de 32 años en el sector educativo nacional del área tecnológica, en provincia se desempeñó como Director del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz y como Subdirector en los Institutos Tecnológicos de: Huatabampo, Sonora, Ciudad Jiménez, Chihuahua y Valle del Yaqui en Bácum, Sonora, México.

José Antonio Camaño Quevedo

Maestro 2002-2005 por el CETYS Universidad Maestría en Tecnología de Redes e Informática, de 1991-1995 licenciatura en Informática por el Instituto Tecnológico de Mexicali, se ha desempeñado en puestos Laborales: del 2014 a la fecha es catedrático en Instituto Tecnológico de Mexicali en el Depto. Sistemas. De 2013 -2014 se desempeñó como Coordinación Centro de Idiomas en Instituto Tecnológico de Mexicali, de 2012-2013 fue director del Instituto Tecnológico de Parral y de 2006-2012 fue Subdirección Planeación en Instituto Tecnológico de Mexicali. Del 2004-2006 fue Jefe de Depto. Académico en Instituto Tecnológico de Mexicali y de 2003 a 2004 Coordinador de Carrera en el mismo instituto. De 1996 a 2005 fue Analista de Sistemas en INTERFASE Computadoras, actualmente tiene el Reconocimiento Perfil Deseable PRODEP.

Jorge Adolfo Pinto Santos

Profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ), con 15 años de experiencia docente en Instituciones de Educación Superior. Maestro en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de la Laguna. Doctorado en Tecnología por la Universidad Autónoma de Cd. Juárez-México (2021). Área de investigación profesional con enfoque en la Ingeniería de Calidad, Seis Sigma y en Estadística. Así mismo, su experiencia profesional ha estado relacionada a las áreas de Manufactura, Aseguramiento de Sistemas de Calidad, Control de la Producción, Sistemas de Almacenamiento y Compras, en Desarrollo de nuevos productos. Administración y Desarrollo de proyectos enfocados a consultoría y capacitación en el Modelo Nacional de Competitividad para la gestión de empresas de clase mundial. Facilitador de cursos en áreas de

Calidad, Administración, Estadística, Administración de las Operaciones. También se desarrolla como evaluador de competencias clave del Consejo de Normalización y Certificación.

Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Ha sido profesor durante 35 años de la carrera de Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México, Campus La Laguna. Obtuvo su doctorado en Tecnología en la Universidad Autónoma de Cd. Juárez-México (2019) y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNII-I). Su área de investigación es Planificación Estratégica, Ingeniería de Calidad y Modelado de Ecuaciones Estructurales. Tiene experiencia profesional industrial como gerente de producción, calidad y comercialización. También ha sido consultor industrial en ingeniería de calidad, seis sigma y trabajo en equipo. Actualmente se desempeña como subdirector administrativo del Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Juárez.

Manuel Arnoldo Rodríguez Medina

Profesor investigador del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ) por más de 35 años, actualmente tiene la distinción de Decano de la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Es doctor en Ciencias en Ingeniería Industrial por el ITCJ (2003) y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNII-I). En su trayectoria ha ocupado diversos cargos dentro del Tecnológico Nacional de México, tales como subdirector académico, jefe de la DEPI, coordinador de posgrado, entre otros. Actualmente desarrolla su línea de investigación en modelos de predicción, análisis de confiabilidad, redes bayesianas, ecuaciones estructurales, ingeniería de calidad, seis sigmas, así como en la optimización y mejora continua de procesos industriales y de servicio. Es consultor y facilitador empresarial con 35 años de experiencia en la industria.

Leonardo Alberto Castro Alanís

Realizó su Maestría en Ingeniería Industrial (2022) y Licenciatura en Ingeniería en Logística (2017) en el Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, actualmente estudiante del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería dentro de la misma institución. Cuenta con 3 años de experiencia profesional en la industria maquiladora, actualmente desempeña como docente en el Departamento de Ingeniería Industrial y Logística y coordinador de métodos y medios en el departamento de Desarrollo Académico en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, así como también fungiendo como docente en la Universidad Regional del Norte. Cuenta con participación en la línea de investigación en el área de la neuroergonomía, mediante publicaciones en revistas como Ingenieros (2021 8va edición, No. 2 Vol. 2 ISSN 2395-9452 No. Registro 25671 / 2023 10ma edición, No. 2 Vol. 2 ISSN 2395-9452 No. Registro 22843) y CENID (2023 ISBN 978-84-09-52251-4).

Manuel Alejandro Barajas Bustillos

Estudió la carrera de Ing. En Electrónica y la Maestría en Ingeniería Industrial en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Juárez. Egresado del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada de la Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Actualmente se desempeña como Profesor de Asignatura en el TecNM/ITCJ.

Ana Isela García Acosta

Realizó su Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (2021) y la Maestría en Ingeniería Industrial (2009) en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, la Licenciatura en Ingeniería Industrial en el TecNM/Instituto Tecnológico de Delicias. Cuenta con 10 años de experiencia laboral en la Industria maquiladora. Ha desempeñado el puesto de Coordinadora de la Maestría en Ingeniería Administrativa e Industrial en la División de Estudios de Posgrado del TecNM/ITCJ. Actualmente trabaja como Profesor Investigador en la División de Estudios de Posgrado TecNM/ITCJ. Perfil PRODEP, Miembro del Claustro Doctoral del Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y Consejo de la Maestría en Ingeniería Industrial.

Jeovany Rafael Rodríguez Mejía

Profesor en la carrera de Ingeniería Mecánica en el Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Maestro en Ciencias de la Ingeniería con especialidad en Procesamiento de señales digitales y control por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Doctor en Ciencias de la Ingeniería por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez-México (2021). Actualmente cuenta con reconocimiento de perfil deseable PRODEP. Su área de investigación se enfoca en los Sistemas Dinámicos y Complejos, Control y Aplicaciones en Energías Alternas. Cuenta con experiencia profesional en la industria como Ingeniero de Producción, Diseño y Comercialización. También ha sido consultor en Ingeniería en áreas de energías alternas, control y trabajo en equipo. Colabora en la División de Estudios de Posgrado e Investigación en la codirección de tesis de maestría y forma parte del consejo de la Maestría en Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez participando como tutor en diversos comités tutoriales. Actualmente se desempeña como subdirector académico del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez.

German Quiroz Merino

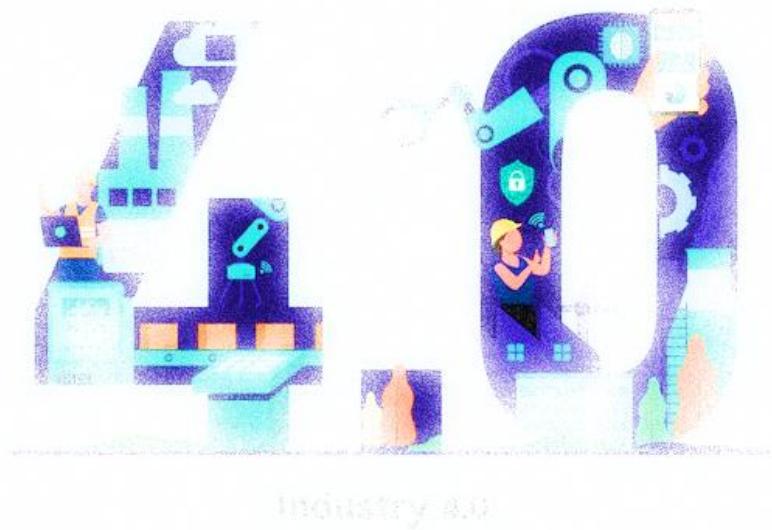
Ingeniero en Robótica Industrial, Instituto Politécnico Nacional, con Maestría en Ciencias en Ingeniería de Cómputo y Doctorado en Ciencias de la Computación, ambos por el Centro de Investigación en Computación del Instituto Politécnico Nacional. Especialista en el diseño de sistemas Microelectromecánicos, MEMS. Ha trabajado con plataformas de fabricación de dispositivos MEMS comerciales como lo son SUMMiT V y PolyMUMPs, así como la implementación de procesos especiales en cuartos limpios para la fabricación de microdispositivos con procesos específicos. Experiencia en simulación por elemento finito de los dispositivos microelectromecánicos, diseño de procesos de micro fabricación, caracterización eléctrica de los dispositivos ya fabricados y acondicionamiento eléctrico de los dispositivos fabricados para su instrumentación e integración en soluciones específicas. Colaboración como profesor investigador en el Centro de Investigación en Computación, participando en diferentes proyectos de investigación relacionados con el diseño de sensores de onda acústica superficial, SAW, donde se diseñaron, fabricaron y caracterizaron. Experiencia como coordinador de Investigación Aplicada en el Centro de Innovación e Integración de Tecnologías Avanzadas en Ciudad Juárez. Donde trabajó en proyectos relacionados al desarrollo de tecnología y transferencia tecnológica. Actualmente es profesor del Tecnológico de México, en Ciudad Juárez, Chihuahua. Impartiendo clases a grupos de Ingeniería y Maestría en Ingeniería Industrial. También participó en la codirección de tesis de maestría y proyectos de titulación de alumnos de ingeniería. Se cuenta con publicaciones en revistas y congresos de los desarrollos científicos en los que me ha tocado participar.

Israel Emmanuel Zapata De Santiago

Estudió ingeniería electrónica con especialidad en control e instrumentación en el entonces Instituto Tecnológico de la Laguna, en Torreón, Coahuila. Realizó un proyecto de investigación de grabado húmedo de cuarzo para fabricación de sistemas Lab-On-Chip en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), en San Andrés Cholula, Puebla. Realizó sus estudios de maestría y doctorado en el INAOE, en el departamento de electrónica, con especialidad en microelectrónica bajo la supervisión y dirección del Dr. Alfonso Torres Jácome con las tesis “Materiales termoeléctricos de alto ZT en base de Si y sus aleaciones con Ge” y “Recolectores de energía termoeléctricos en base de pm-SiGe”, respectivamente, investigando y trabajando en procesos de fabricación y diseño de microchips, nanotecnología, tecnología de semiconductores y ciencia de materiales. Actualmente se desempeña como docente en el TecNM campus Ciudad Juárez.

La nueva Frontera: IA, Industria 4.0 y el Desarrollo Sostenible

Se terminó de editar en diciembre del 2024 en los talleres de Editorial Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente. CENID AC Pompeya # 2705. Colonia Providencia C.P. 44670 Guadalajara, Jalisco. México
Teléfono: 01 (33) 1061 8187



Dr. Eduardo Rafael Poblano Ojinaga

Originario de Ciudad Delicias, Chihuahua.

Es Ingeniero Industrial en Producción egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna en 1986.

Es Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial (1995) y Maestro en Ingeniería Administrativa (2000) por el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Maestro en Efectividad Organizacional (2004) por la Universidad Autónoma del Noreste, Unidad Laguna.

Obtuvo el grado de Doctor en Tecnología con énfasis en Economía del Conocimiento por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (2019).

Cuenta con un Diplomado en Control Estadístico de la Calidad y en Diseño de Experimentos por el Tecnológico de Monterrey Campus Laguna (1990).

Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras – SNII: Candidato (2020) e Investigador Nivel I (2023) por el CONAHCYT.

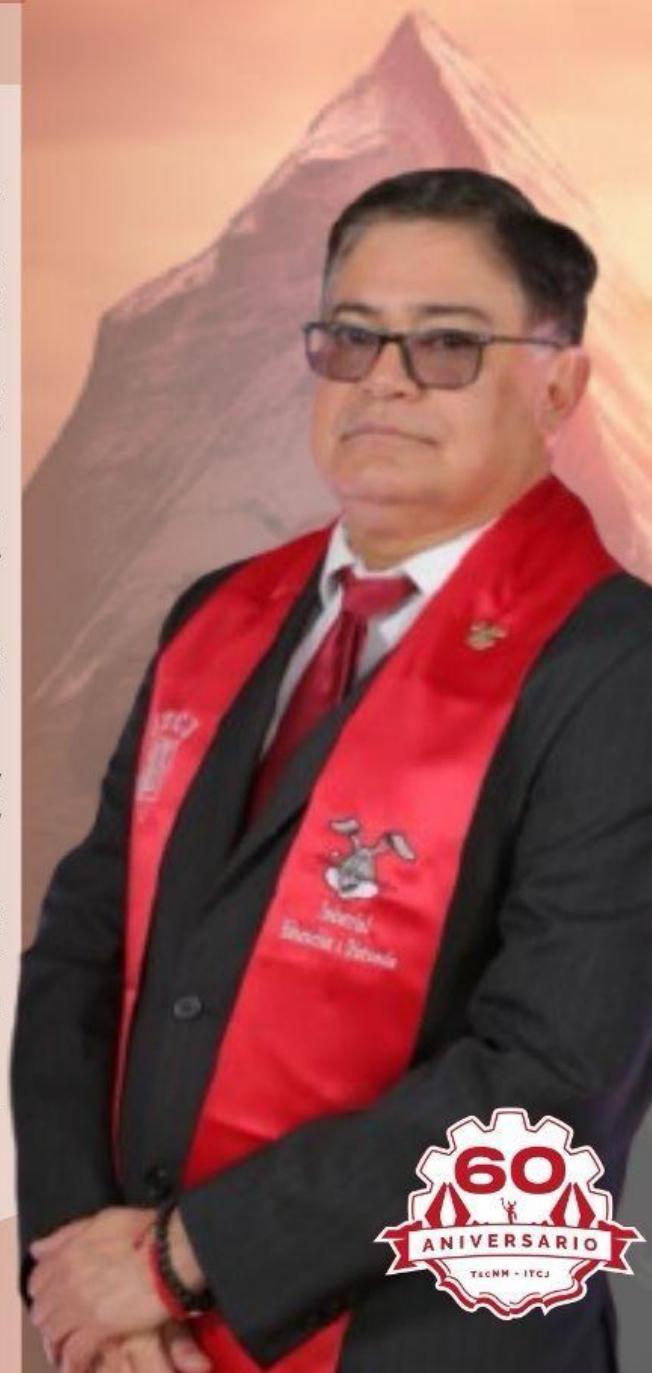
Amplia experiencia en puestos como: Gerente de Ingeniería y Calidad, Producción y Manufactura. Es Facilitador de cursos 6 sigma, Trabajo en equipo, Planeación estratégica, entre otros.

En el ámbito académico fungió como Secretario de la Academia de Ingeniería Industrial y fue Jefe de Proyectos de Investigación en el Tecnológico de la Laguna (2019-2021).

Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Cd. Juárez (2021-2023).

Es Subdirector de Servicios Administrativos en el Tecnológico Cd. Juárez (Mayo 2023 a la fecha).

Decano de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico de Cd. Juárez (2023).



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TEC DE
JUÁREZ
Forjando el futuro,
transformando vidas.



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



AEWA

ASOCIACIÓN CIENTÍFICA PARA LA EVALUACIÓN Y
MEDICIÓN DE LOS VALORES HUMANOS



Editorial CENID