



INNOVACIÓN SOCIAL INCLUSIVA

COORDINADORES:

*María Quetzalcihuatl Galván Ismael
Mayela del Rayo Lechuga Nevárez
Juana Hernández Chavarria
Iván González Lazalde*



INNOVACIÓN SOCIAL INCLUSIVA

COORDINADORES:

María Quetzalhuatl Galván Ismael, Mayela del Rayo Lechuga Nevárez, Juana Hernández Chavarría, Iván González Lazalde

Autores

Luz Elena González Lazalde, Julia Sabel Hernández Carrillo, Linda Miriam Silerio Hernández, Mayela del Rayo Lechuga Nevárez, Gerardina de las Maravillas González Valenciano, Paulina Quiñones Flores, María Jose Nozato López, Elda Abigail McGrew Samaniego, José Manuel Martínez Vázquez, José Trinidad Martínez Reyna, Luis Alejandro Ruiz Soto, Diana Laura Hernández Torres, Isidro Amaro Rodríguez, Israel Ivan Gutiérrez Muñoz, Evelin Alessandra Vázquez Gallardo, Aurora Gurrola Rodríguez, José Gabriel Rodríguez Rivas, Rubén Pizarro Gurrola, Jeorgina Calzada Terrones, Andrea Guadalupe Hurtado Arvizu, Elizabeth Santillán Tarazón, Sandra Leticia Daher Acosta, Rocío Margarita Solís Vaquera, Norma Alicia García Vidaña, Juan Valenzuela Valenzuela, José Antonio Martínez Rivera, Mirka Maily Acevedo Romero, Rocío Margarita López Torres, Manuel Antonio Rivera Rodríguez, Jesús Eduardo Rocha Osuna, Ernesto Barboza Castañeda, Rubén Guerrero Rivera, Eduardo Gamero Inda

Editores literarios

Dr. José Luis Rodríguez Álvarez, Dr. Lamberto Vázquez Veloz, Dra. María Concepción Sosa Álvarez, Dra. Yadira María González Mercado, M.C. Anapaula Rivas Barraza, Dr. Josué Ortiz Medina, Dr. Roberto Rojero Jiménez, Dra. Grace Erandy Baez Hernández, Dr. Adalid Graciano Obeso, Dr. Gregorio Polloreña López, Dra. Nubia Isabel Rivas Ayala

EDITORIAL

©RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C. 2024



EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

ISBN: 978-607-5893-35-8



Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.
(978-607-5893)

Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.

No. de ejemplares: 2

Presentación en medio electrónico digital

Formato PDF 10 MB

Fecha de aparición 30/12/2024

ISBN 978-607-5893-35-8

Xalapa, Veracruz. México a 20 de diciembre de 2024

DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; el primero, fue realizado por el **COMITÉ EDITORIAL RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.** con sede en México; que sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la misma, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. El segundo proceso de dictaminación estuvo a cargo del **COMITÉ CIENTÍFICO RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.**; donde se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable y por acuerdo del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **“INNOVACIÓN SOCIAL INCLUSIVA”** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

Xalapa, Veracruz. México a 20 de diciembre de 2024

DICTAMEN EDITORIAL

La presente obra fue arbitrada y dictaminada en dos procesos; el primero, fue realizado por el **COMITÉ EDITORIAL RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.** con sede en México; que sometió a los capítulos incluidos en la obra a un proceso de dictaminación a doble ciego para constatar de forma exhaustiva la temática, pertinencia y calidad de los textos en relación a los fines y criterios académicos de la misma, cumpliendo así con la primera etapa del proceso editorial. El segundo proceso de dictaminación estuvo a cargo del **COMITÉ CIENTÍFICO RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C.**; donde se seleccionaron expertos en el tema para la evaluación de los capítulos de la obra y se procedió con el sistema de dictaminación a doble ciego. Cabe señalar que previo al envío a los dictaminadores, todo trabajo fue sometido a una prueba de detección de plagio. Una vez concluido el arbitraje de forma ética y responsable y por acuerdo del Comité Editorial y Científico de la Red Iberoamericana de Academias de Investigación A.C. (REDIBAI), se dictamina que la obra **“INNOVACIÓN SOCIAL INCLUSIVA”** cumple con la relevancia y originalidad temática, la contribución teórica y aportación científica, rigurosidad y calidad metodológica, actualidad de las fuentes que emplea, redacción, ortografía y calidad expositiva.

Dr. Daniel Armando Olivera Gómez

Director Editorial

Sello Editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C.

(978-607-5893)

Dublín 34, Residencial Monte Magno

C.P. 91190. Xalapa, Veracruz, México.

Cel 2282386072

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Dr. José Luis Rodríguez Álvarez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos

Dr. Lamberto Vázquez Veloz

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta

Dra. María Concepción Sosa Álvarez

Universidad Politécnica de Durango

Dra. Yadira María González Mercado

Benemérita y Centenaria Escuela Normal del Estado de Durango

M.C. Anapaula Rivas Barraza

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango

Dr. Josué Ortiz Medina

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango

Dr. Roberto Rojero Jiménez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango

Dra. Grace Erandy Baez Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Dr. Adalid Graciano Obeso

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Dr. Gregorio Polloreña López

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Guasave

Dra. Nubia Isabel Rivas Ayala

Red Durango de Investigadores Educativos A.C. ReDIE

ÍNDICE

INNOVACIÓN SOCIAL Y EDUCACIÓN INCLUSIVA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE 1

ANÁLISIS DE HABILIDADES BLANDAS EN DOCENTES DE UNA ORGANIZACIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR, DESDE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO..... 2

EL IMPACTO DE LA EDUCACIÓN EN LA COMPETITIVIDAD REGIONAL: ANÁLISIS DE INDICADORES CLAVES..... 14

RENDIMIENTO Y DESERCIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR QUE CURSARON PROPEDEÚTICO..... 24

INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL INCLUSIVO 36

OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS PRODUCTIVOS Y LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS GUIADOS AUTOMATIZADOS EN LA INDUSTRIA 4.0..... 37

OPTIMIZACIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN: REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA..... 45

PRODUCTIVIDAD EN LAS MICRO PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (MIPYMES) FABRICANTES DE MUEBLES EN LA CIUDAD VICTORIA DE DURANGO..... 54

DESARROLLO SUSTENTABLE Y BIENESTAR SOCIAL 61

USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO APOYO EN LA EDUCACION SUPERIOR..... 62

EL IMPACTO DE LA CONECTIVIDAD EN RELACIÓN CON EL POTENCIAL COMPETITIVO DE LA REGIÓN NORESTE DEL ESTADO DE SONORA..... 72

EL IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN HACIA UN NODESS: EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE COMERCIALIZACIÓN DE LANA ARTESANAL EN LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIDAD..... 81

INNOVACIÓN EN SECTORES EMERGENTES Y TRADICIONALES 93

DESARROLLO DE SISTEMA EMBEBIDO PARA DETERMINACIÓN Y ESTIMACIÓN DE HORAS- FRIO MEDIANTE MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO..... 94

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL COMPETITIVO DE LA REGIÓN FRONTERIZA NORESTE DEL ESTADO DE SONORA..... 104

VIABILIDAD DEL USO DE BIOMASA COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS..... 114

INNOVACIÓN SOCIAL Y EDUCACIÓN INCLUSIVA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

INTRODUCCIÓN

La innovación social y la educación inclusiva son dos pilares fundamentales en la construcción de un desarrollo sostenible y equitativo para las sociedades contemporáneas. En un mundo cada vez más interconectado y globalizado, los desafíos sociales, económicos y ambientales requieren soluciones novedosas que no solo respondan a las necesidades inmediatas, sino que también promuevan la justicia social, la equidad y el bienestar colectivo. En este contexto, la innovación social se presenta como un proceso de transformación que impulsa nuevas formas de pensar y actuar ante problemas complejos, con un enfoque inclusivo y participativo. Por otro lado, la educación inclusiva, entendida como el derecho de todos los estudiantes a recibir una educación de calidad sin discriminación alguna, juega un papel crucial en la construcción de sociedades sostenibles. A través de una educación que valore la diversidad y promueva la participación de todos los individuos, independientemente de sus capacidades, origen o contexto social, se puede generar un impacto positivo en el desarrollo económico, cultural y ambiental.

La integración de ambos conceptos innovación social y educación inclusiva constituye una estrategia poderosa para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la ONU. Así, promover la educación inclusiva mediante la innovación social no solo contribuye a la mejora de la calidad educativa, sino que también fortalece la cohesión social y el desarrollo integral de las comunidades, asegurando que nadie quede atrás en el camino hacia un futuro más justo y sostenible.

ANÁLISIS DE HABILIDADES BLANDAS EN DOCENTES DE UNA ORGANIZACIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR, DESDE LA PERSPECTIVA DE GÉNERO

Linda Miriam Silerio Hernández

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / linda.silerio@itdurango.edu.mx

Mayela del Rayo Lechuga Nevárez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / mlechuga@itdurango.edu.mx

Gerardina de las Maravillas González Valenciano

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / gerardinagonzalez@itdurango.edu.mx

Paulina Quiñones Flores

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / 16041305@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

Las habilidades blandas comúnmente denominadas competencias interpersonales, habilidades sociales, destrezas emocionales o habilidades de relación son determinantes en el ámbito personal y laboral, dado que mejoran la comunicación, enriquecen el trabajo en equipo y contribuyen en la construcción de relaciones sólidas, favorecen el manejo del estrés y las emociones de manera más efectiva. La pregunta de investigación es ¿Existe diferencia entre las habilidades blandas que presentan los docentes de una OES, desde la perspectiva de género? El objetivo es analizar las habilidades blandas que presentan los docentes de una organización de educación superior, desde la perspectiva de género, para entender si existe alguna desigualdad entre los docentes hombres y mujeres en cuánto al desarrollo de estas habilidades en el ámbito educativo. El estudio tiene un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo e inferencial, la técnica es la encuesta, el instrumento es el cuestionario, el muestreo aleatorio estratificado, el tamaño de muestra de 78 docentes. A partir de la muestra seleccionada, los resultados exponen una no diferencia significativa en el desarrollo de habilidades blandas desde la perspectiva de género, en los factores analizados que integran la variable de interés. Se sugieren las siguientes futuras líneas de investigación: estudio comparativo de habilidades blandas en docentes de organizaciones de educación superior entre públicas y privadas con perspectiva de género y el análisis de habilidades blandas en estudiantes de una Organización de Educación Superior.

Palabras claves: Competencias interpersonales, hombres y mujeres, nivel educativo superior.

ABSTRACT

Soft skills commonly called interpersonal skills, social skills, emotional skills or relationship skills are decisive in the personal and work sphere, since they improve communication, enrich teamwork and contribute to the construction of solid relationships, favor the management of stress and emotions more effectively. The research question is: Is there any difference between the soft skills presented by teachers in an OES, from a gender perspective? The objective is to analyze the soft skills presented by teachers in a higher education organization, from a gender perspective, to understand if there is any inequality between male and female teachers in terms of the development of these skills in the educational field. The study has a quantitative approach, descriptive and inferential scope, the technique is the survey, the instrument is the questionnaire, stratified random sampling, the sample size of 78 teachers. Based on the selected sample, the results show a no significant difference in the development of soft skills from a gender perspective, in the analyzed factors that make up the variable of interest. The following future lines of research are suggested: comparative study of soft skills in teachers of public and private higher education organizations with a gender perspective and the analysis of soft skills in students of an Higher Education Organization (OES).

Keywords: Interpersonal skills, men and women, higher educational level.

INTRODUCCIÓN

En un contexto educativo en constante evolución, las habilidades blandas se han convertido en un elemento crucial para el desarrollo integral de los docentes en organizaciones de educación superior. Estas competencias, como la comunicación efectiva, el trabajo en equipo, la empatía y la adaptabilidad, por mencionar algunas, no solo enriquecen el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también impactan en la formación integral de los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo actual.

La educación superior enfrenta cambios rápidos en la sociedad, y los docentes con habilidades blandas están mejor equipados para adaptarse y liderar en este contexto. La flexibilidad y la capacidad de resolución de conflictos son esenciales para navegar y abordar cuestiones complejas relacionadas con la equidad de género y la diversidad.

Las habilidades blandas, se definen como el conjunto de destrezas, aptitudes o herramientas afectivas que poseen la particularidad de regular el estado emocional del ser humano, son habilidades que ayudan a fomentar, mantener y procurar relaciones sociales positivas (Torres-Murillo, 2019). Las habilidades blandas, también conocidas como habilidades socioemocionales o habilidades para la vida, se puntualizan como necesarias para un desarrollo total del conocimiento y la educación. Las habilidades blandas se pueden clasificar en: habilidades interpersonales, habilidades cognitivas, y habilidades para el control emocional, las cuales están interrelacionadas y tienen suma importancia tanto en el campo profesional como en el campo laboral (De la Ossa, 2022).

Las habilidades blandas han alcanzado una relevancia fundamental en el ámbito educativo, especialmente en la educación superior, donde la interacción, el aprendizaje colaborativo y la adaptación a diversas realidades son esenciales. Sin embargo, el desarrollo y la valoración de estas habilidades pueden verse influenciados por diversos factores, entre ellos, la perspectiva de género, ya que las dinámicas de género pueden influir en cómo se desarrollan y se valoran estas habilidades en docentes.

En este sentido, perspectiva de género, es como una herramienta inclusiva de los intereses de las mujeres en la idea de desarrollo y para contrarrestar las políticas descritas como “neutrales”, que venían a consolidar las desigualdades de género existentes, convirtiéndose en una estrategia central para lograr la igualdad de facto (Matas, 2019).

En esta línea, la perspectiva de género en la educación propicia en los docentes el interés en ser más conscientes de las experiencias y desafíos que enfrentan sus estudiantes. Al desarrollar habilidades como la escucha activa y la empatía, los docentes pueden crear vínculos más profundos con sus alumnos, lo que favorece el aprendizaje y el bienestar emocional. Por otra parte, las habilidades blandas son clave para crear un entorno inclusivo donde tanto docentes como estudiantes se sientan valorados, propiciando que los docentes con habilidades blandas fuertes puedan reconocer y atender las necesidades diversas que se presentan en los estudiantes, independientemente de su género, promoviendo la equidad en el aula.

Por otra parte, las habilidades blandas promueven un enfoque más colaborativo e innovador en la enseñanza. Docentes que fomentan un diálogo abierto y la colaboración entre géneros, pueden crear un espacio donde surjan nuevas ideas y enfoques educativos, enriqueciendo así la experiencia de aprendizaje.

La perspectiva de género en el cuerpo docente es trascendental, propicia un entorno de trabajo saludable, las habilidades blandas efectivas pueden ser la base de modelos a seguir para docentes y sus estudiantes, inspirando a las futuras generaciones a desarrollar estas competencias y a valorar la colaboración y el respeto mutuo, independientemente del género.

Desde la perspectiva de género, es crucial que los docentes reconozcan y aborden las desigualdades existentes en el entorno educativo. Las habilidades blandas permiten a los docentes confrontar sesgos y promover la equidad, creando un espacio donde todos los estudiantes tengan oportunidades equitativas para sobresalir.

La presente investigación tiene como objetivo analizar las habilidades blandas en docentes de una organización de educación superior desde la perspectiva de género, a través de un enfoque cuantitativo, se busca identificar las diferencias y similitudes en la percepción y práctica de habilidades blandas entre docentes masculinos y femeninos, así como las implicaciones que esto tiene en el ambiente educativo.

Al abordar este tema, se pretende contribuir a la discusión sobre la equidad de género en la educación superior, resaltando la importancia de fomentar un entorno inclusivo que potencie las habilidades de todos los docentes, independientemente de su género. Con esta investigación, no solo se realizó un análisis detallado de la situación actual, sino también ofrece recomendaciones prácticas que ayudan a fortalecer el desarrollo de habilidades blandas en el ámbito educativo, promoviendo así una educación más equitativa y de calidad.

Las habilidades blandas, de acuerdo a los autores, pueden ser nombradas, definidas y clasificadas de diferentes formas, son conocidas también como habilidades sociales, competencias sociales, habilidades no cognitivas y en algunos ámbitos internacionales de investigación se denominan como “habilidades para la vida” y “habilidades del siglo XXI”. Algunas definiciones son las siguientes: La Organización Mundial de la Salud (OMS,1999), define las habilidades para la vida o competencias psicosociales como “la habilidad de una persona para enfrentarse exitosamente a las exigencias y desafíos de la vida diaria”. El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, 2017), refiere que las habilidades blandas, las desarrolla el individuo a lo largo de su vida, a través de la experiencia directa, por medio de un entrenamiento intencional, mediante el modelado o la imitación.

A diferencia de las habilidades duras o habilidades cognitivas, que están más enfocadas a entrenar y adquirir conocimientos técnicos, para un mayor éxito académico o laboral, las habilidades blandas, tienen un carácter transversal, interpersonal y social (Montoro, 2018).

Marrero (2018), refiere que, para el logro del desarrollo integral de la persona, es necesario la adquisición de conocimientos en un área determinada, pero además se complementa el proceso con la puesta en marcha de las habilidades blandas, ya que permitirán el autocontrol, la confianza en sí mismo y la comunicación eficaz. Además, señala la importancia de que los docentes demuestren el manejo de las habilidades blandas, que las conozcan y las practiquen, ya que la manera en que ellos relacionan con los alumnos, permitirá expresar y entender sus emociones, a su vez esto permitirá orientar el pensamiento y el comportamiento hacia el logro de las metas institucionales, impactando directamente en el aprendizaje de los estudiantes.

Guerra-Báez (2019) entiende como habilidades blandas el conjunto de capacidades de la persona para interrelacionarse con los demás, afrontando diferentes situaciones a través de la toma de decisiones asertivas. Resalta que las habilidades blandas son importantes en el aspecto socio afectivo para interactuar con los demás, la resolución de problemas, la toma de decisiones, el desarrollo de la creatividad, la identificación de habilidades emocionales y la construcción de relaciones afectivas, lo que permite el desarrollo personal.

Cháves y Dorado-Martínez (2019) comparten que en 1993, la Organización Mundial de la Salud (OMS) hizo una propuesta en el ámbito educativo, sobre la importancia de incluir las habilidades blandas como parte de la educación formal; dicho proyecto se nombró como Habilidades para la Vida, el propósito estuvo dirigido al mejoramiento de la capacidad de vivir una vida más saludable y a la promoción de la importancia de difundir la enseñanza de las habilidades blandas desde la infancia y a nivel mundial, la clasificación propuesta hizo referencia a las habilidades cognitivas, sociales y emocionales.

Las Habilidades blandas en el ámbito educativo, de acuerdo con Rodríguez et al. (2021) son características y habilidades que favorecen la manera de interactuar a nivel personal y escolar con los demás.

Lozano et al. (2022), coinciden que las habilidades blandas son importantes para el desarrollo integral personal y profesional, tanto en estudiantes como en docentes, mencionan que actualmente son importantes para adquirir un empleo, de ahí la importancia de ser consideradas en el plan de estudios de los futuros profesionistas. Las contribuciones de las habilidades blandas en las instituciones educativas de educación básica y superior fortalecen a calidad educativa a través de la construcción de conocimientos, la mejora de la calidad de vida de las personas y mejores relaciones interpersonales.

El estudio de Cadillo et al. (2022), hace referencia a las habilidades blandas como aquellas facultades que habilitan el desarrollo integral de las personas, éstas están conexas a las emociones y son de suma importancia y preponderancia con respecto a cualquier otra habilidad que deba desarrollar la persona a lo largo de su vida. Durante la pandemia por COVID-19, se tuvieron muchas dificultades para seguir desarrollando de la mejor manera múltiples habilidades al estar en confinamiento. El objetivo fue analizar la forma en el que desarrollan sus habilidades blandas varones y mujeres de Lima Metropolitana. Las edades de los sujetos de investigación oscilaron entre los 13 y 17 años, se utilizaron diversos cuestionarios, concluyendo que las habilidades blandas durante el tiempo de pandemia por COVID-19 se desarrollan por igual sin importar el género.

Rodríguez et al. (2021), en su estudio Habilidades blandas y el desempeño docente en el nivel superior de educación comparte que luego de la búsqueda de exégesis de estudios previos, teorías y conceptos concernientes a la temática de investigación, el autor pretendió desarrollar, de forma conceptual y analítica, las habilidades blandas en la educación, concluyendo que son cruciales para el desarrollo académico, profesional y personal del docente universitario, como docentes colaboran en la formación de estudiantes para la vida en aspectos tan importantes como saber escuchar y comunicar, retroalimentar de forma positiva; pensar de forma crítica; liderar a partir de la empatía.

Guevara et al. (2023) hacen referencia a que mientras que la experiencia técnica y habilidades específicas son cruciales, las habilidades blandas contribuyen al éxito y efectividad laboral en los individuos, facilitando la interacción positiva entre los colaboradores, favoreciendo un entorno laboral saludable. La capacidad de adaptarse a cambios, demostrar liderazgo emocional y mantener una actitud positiva frente a desafíos; son habilidades que impulsan el crecimiento profesional y la satisfacción en el trabajo. El estudio permitió la identificación de áreas específicas en las que los docentes podrían mejorar sus habilidades blandas, contribuyendo al logro de metas individuales e institucionales.

Con respecto a los modelos teóricos que abordan las habilidades blandas, se presentan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Diferentes modelos sobre habilidades blandas.

| | |
|--|---|
| Modelo de las cuatro fases (Mayer y Salovey, 1997). | Percepción e identificación emocional. El pensamiento. Razonamiento sobre emociones. Regulación de las emociones. |
| Modelo de competencias emocionales (Goleman, 2001). | Autoconciencia. Autorregulación Conciencia social. Automotivación. Habilidades para la vida y el bienestar. |
| Modelo de competencias transversales (Bar-On, 2000). | Componente intrapersonal. Componente interpersonal. Componentes de adaptabilidad. Componentes de manejo de estrés. |
| Modelo de competencias (Bisquerra, 2003; 2007; 2009). | Conciencia emocional. Regulación emocional. Autonomía emocional. Competencias para la vida y bienestar. |

Nota: (Marrero et al., 2018).

Cada modelo tiene sus propias características en cuanto a habilidades o competencias emocionales, pero el común denominador es que las habilidades blandas intervendrán de manera positiva tanto en la vida laboral como personal de los sujetos (Marrero et al., 2018).

Tomando en cuenta las destrezas y competencias propuestas por los modelos anteriores, se han seleccionado aquellas que el docente debe desarrollar para lograr un óptimo desempeño académico, generando un modelo teórico de 11 dimensiones de habilidades blandas docentes, las cuales se presentan en la figura 1.

Las descripciones de las 11 dimensiones se presentan a continuación:

La adaptabilidad se refiere a la capacidad que tiene el docente para ajustar sus métodos, estrategias y recursos de enseñanza acorde a las necesidades y características de los estudiantes y del entorno, para un aprendizaje efectivo.

La responsabilidad explica que la práctica docente debe ser ética y profesional.

La comunicación hace referencia a la clave del proceso educativo, donde los docentes interactúan y se comunican asertivamente con la comunidad educativa. La empatía es la capacidad que tiene el docente para entender, compartir emociones y experiencias de sus estudiantes con la finalidad de crear un ambiente positivo y de apoyo.

El impulso del desarrollo profesional se define como el estímulo que el docente brinda a los estudiantes para prepararlos y orientarlos al mundo laboral y ayudarles a alcanzar sus metas.

El trabajo en equipo entre docentes para crear un ambiente educativo que pueda enriquecer el proceso enseñanza aprendizaje desde la planificación hasta la evaluación colaborativa.

El liderazgo donde el docente además de compartir conocimientos y experiencias, inspira y guía a sus estudiantes y compañeros.

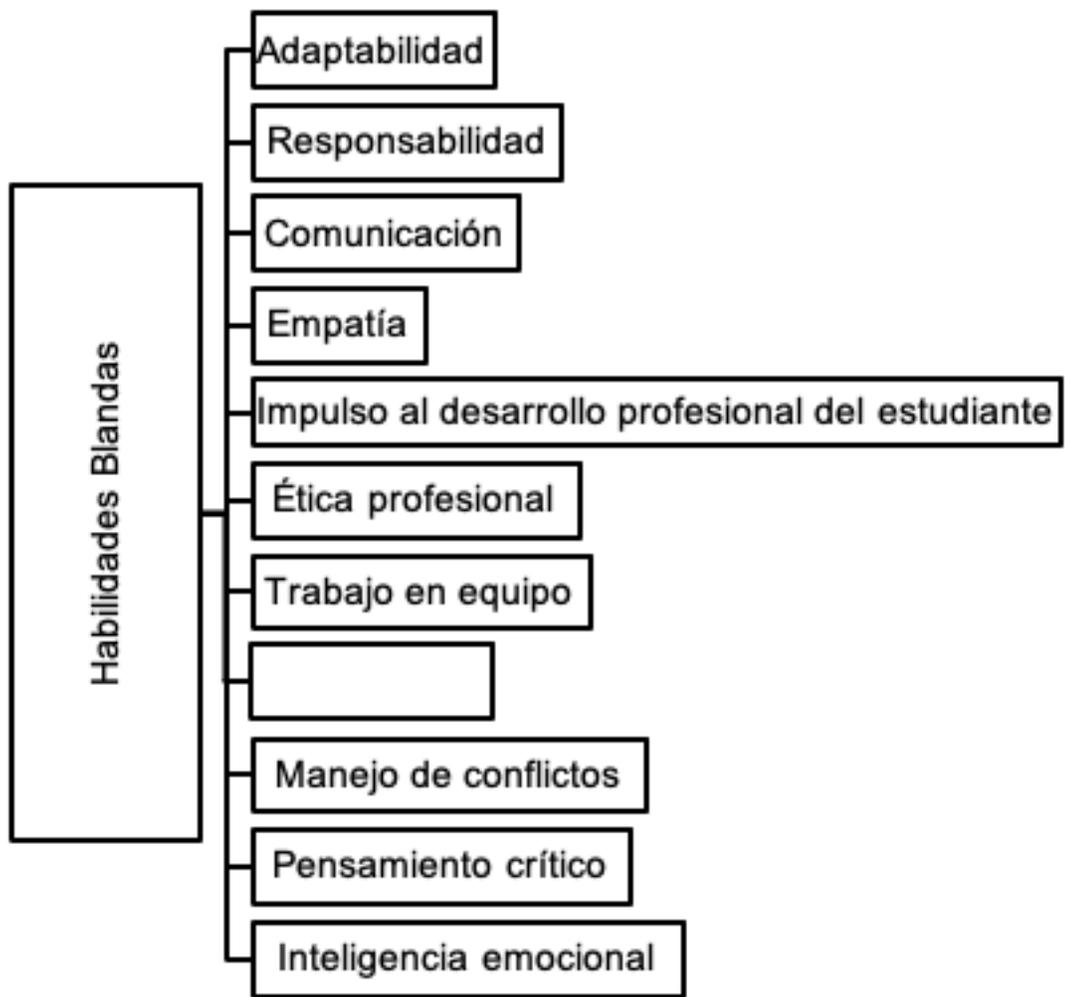
El manejo de conflictos, que permite al docente mantener un ambiente educativo positivo y productivo.

El pensamiento crítico del docente, que le permita analizar, evaluar y mejorar su práctica educativa.

La inteligencia emocional del docente que le permita ser consciente de sus propias emociones y su manejo, así como sus fortalezas y sus debilidades.

Las 11 dimensiones descritas anteriormente, se pueden observar en el modelo teórico de la figura 1.

Figura 1. 11 Dimensiones involucradas en la variable de interés habilidades blandas docentes de educación superior.



Nota: Elaboración propia (2024).

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

El enfoque de este estudio ha sido cuantitativo, dirigido a analizar las habilidades blandas que presentan los docentes de una organización de educación superior, desde la perspectiva de género, para identificar si existe alguna desigualdad entre los docentes hombres y mujeres en cuanto al desarrollo de estas habilidades en el ámbito educativo. El alcance ha sido descriptivo, se buscó generar conocimiento acerca del comportamiento y características de la variable de interés: habilidades blandas en los docentes de la OES. Para la prueba de normalidad se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de medias de la variable habilidades blandas del grupo de hombres y mujeres, se utilizó el método no paramétrico de W de Mann Whitney Wilcoxon. El método ha sido el hipotético deductivo, se inició con las hipótesis correspondientes, se dedujeron de ellas las conclusiones que debían confrontarse con los hechos. La técnica que se utilizó fue la encuesta, el instrumento de medición el cuestionario. el cuestionario ha sido auto-administrado a través del link del formulario de Google habilidades blandas, compartido a cada uno de los sujetos de investigación de la OES. Las preguntas han sido planteadas de manera clara, precisa, relevante, factible y específica. La escala de calificación que se utilizó para cuestionar a los docentes sobre su nivel de acuerdo o desacuerdo con cada ítem, medir reacciones, actitudes y comportamientos fue del 1 al 4, donde 1=Nunca, 2=pocas veces, 3=Frecuentemente y 4=Siempre, El muestreo llevado a cabo fue el aleatorio estratificado, donde cada estrato se representó por cada uno de los departamentos

académicos de la Organización de Educación Superior, los sujetos de investigación la conformaron 78 docentes, 40 hombres y 38 mujeres, de una población de 419 docentes, a partir de la fórmula para el cálculo de la muestra para poblaciones finitas, la proporción de éxito $p=0.50$, la proporción de fracaso $q=0.50$, el nivel de confianza del 95% al que corresponde un valor $Z=1.96$ y error máximo permisible: $d=0.10$. El diseño ha sido no experimental y transversal, el lugar donde se llevó a cabo el proyecto fue en las instalaciones de la Organización de Educación Superior durante el año 2024. Para la evaluación del diseño y la identificación de algunos problemas en el diseño del instrumento de medición, fue necesario llevar a cabo el piloteo con la aplicación del cuestionario al 10% de la muestra, con la finalidad de identificar si efectivamente el diseño ha sido práctico y lograr la detección de algún error o factor que estuviera ocasionando que los participantes no lo entendieran claramente.

La validez se llevó a cabo la consulta a cuatro expertos, miembros de la Red Durango de Investigadores Educativos (ReDIE), quienes emitieron su juicio con respecto a los ítems del cuestionario de habilidades blandas, si eran coherentes con las aportaciones teóricas que sustentan esta investigación; la validez de contenido del instrumento se realizó con base en el procedimiento propuesto en la publicación denominada “La consulta de expertos para la recolección de evidencias de validez basadas en el contenido” (Barraza, 2007), el cual presentó una puntuación promedio de 2.8 considerándose una validez fuerte.

En cuanto a la confiabilidad se utilizó el método de consistencia interna, el cual arrojó una confiabilidad muy cercana al 1, es decir un Alfa de Cronbach de .936, correspondiente a una alta consistencia interna, lo cual refleja que los ítems que lo componen están muy relacionados entre sí y miden un mismo constructo.

El proceso de investigación parte del planteamiento del problema, la revisión de la literatura y el desarrollo del marco teórico, la visualización del alcance de estudio, la elaboración de las hipótesis y definición de las variables, el desarrollo del diseño de investigación, la definición y selección de la muestra, la recolección de datos, el análisis de datos y finaliza con la elaboración del reporte de resultados.

El análisis estadístico de esta investigación se llevó a cabo con el apoyo del software IBM-SPSS, versión 25.0.0.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con referencia al cumplimiento de los objetivos de este estudio de analizar las habilidades blandas en docentes de una organización de educación superior desde la perspectiva de género a través de un enfoque cuantitativo, se muestra la tabla 2 de resultados.

Tabla 2. Estadísticas por dimensión de la variable habilidades blandas para el grupo de hombres.

| Dimensión | Media H | Media M | Moda H | Moda M | Desviación Estándar H | Desviación estándar M |
|------------------------|---------|---------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|
| Adaptabilidad | 3.45 | 3.48 | 4 | 4 | .498 | .455 |
| Responsabilidad | 3.69 | 3.70 | 4 | 4 | .275 | .426 |
| Comunicación | 3.57 | 3.56 | 4 | 4 | .389 | .387 |
| Empatía | 3.67 | 3.58 | 4 | 4 | .340 | .452 |
| Desarrollo Profesional | 3.36 | 3.30 | 3 | 4 | .475 | .519 |
| Ética profesional | 3.88 | 3.84 | 4 | 4 | .206 | .354 |
| Trabajo en equipo | 3.45 | 3.48 | 4 | 4 | .443 | .462 |
| Liderazgo | 3.63 | 3.56 | 4 | 4 | .437 | .455 |
| Manejo de conflictos | 3.48 | 3.33 | 4 | 4 | .442 | .559 |
| Pensamiento crítico | 3.49 | 3.52 | 4 | 4 | .406 | .473 |
| Inteligencia Emocional | 3.48 | 3.45 | 4 | 4 | .412 | .415 |
| Habilidades blandas | 3.55 | 3.53 | 4 | 4 | .306 | .335 |

Nota: Hombres=H, Mujeres=M

Retomando las opciones de respuesta de cada ítem del 1 al 4, donde 1=Nunca, 2=Pocas veces, 3=Frecuentemente y 4=Siempre, se puede observar que el valor promedio en varias dimensiones de la variable de interés en hombres es cercano a cuatro, lo que sugiere que los docentes tienden a evaluar estas competencias de manera favorable, solo en desarrollo profesional con una media de 3.36 y adaptabilidad con una media de 3.45, muestran valores más bajos, lo cual sugiere áreas con un desempeño menos favorable o con mayor variabilidad en las respuestas. Mientras que el valor promedio en mujeres, en varias dimensiones también es cercano a cuatro, refleja un comportamiento favorable en estas competencias, solo en desarrollo profesional, manejo de conflictos e inteligencia emocional, se obtuvieron valores promedios más bajos: 3.30, 3.33 y 3.45 respectivamente, lo que indica un comportamiento en estas áreas, menos favorable.

El valor que se presentó con mayor frecuencia tanto en hombres como en mujeres ha sido el cuatro, lo cual es representado por la moda y sugiere una tendencia general positiva en las evaluaciones de cada una de las dimensiones. La asimetría de los datos, tanto en hombres como en mujeres fue negativa en cada una de las dimensiones de la variable de interés, lo que confirma que la mayor concentración de los datos se presentó en los valores mayores de la escala Likert, es decir, en los valores 3=Frecuentemente y 4= Siempre.

Una vez, obtenidas las estadísticas de cada una de las dimensiones de la variable de interés, tanto para el grupo de hombres como de mujeres, se procedió a determinar si los datos de la muestra provenían de una población que seguía una distribución normal o no, para ello, se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, las hipótesis formuladas previamente, fueron las siguientes: Ho: El comportamiento de los datos presentan una distribución normal.

H1: El comportamiento de los datos no presentan una distribución normal.

El criterio de rechazo de la hipótesis nula, se presenta cuando el valor-p es menor al nivel de significancia de .05, específicamente los valores-p obtenidos, representados por sig fueron de .001y .002, ambos menores al nivel de significancia de .05, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que los comportamientos de los datos no presentaron una distribución normal.

Por tanto, para conocer si el grupo 1 de hombres y el grupo 2 de mujeres son idénticas en cuanto a habilidades blandas o no, se formularon las siguientes hipótesis:

Ho: Las poblaciones de hombres y mujeres son idénticas en términos de habilidades blandas.

H1: Las poblaciones de hombres y mujeres no son idénticas en términos de habilidades blandas.

La prueba de hipótesis estadística que dio respuesta a esta formulación de hipótesis, y permitió evaluar las diferencias entre las medias de los dos grupos de datos, fue la prueba no paramétrica de U de Mann Whitney Wilcoxon, los resultados obtenidos de esta prueba se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Prueba U de Mann-Whitney por dimensión y global de hombres y mujeres de la variable de interés Habilidades Blandas.

| Dimensión | U de Mann-Whitney | Sig asintótica bilateral |
|------------------------|-------------------|--------------------------|
| Adaptabilidad | 748.000 | .903 |
| Responsabilidad | 649.500 | .252 |
| Comunicación | 747.500 | .899 |
| Empatía | 696.000 | .512 |
| Desarrollo profesional | 712.500 | .632 |
| Ética profesional | 759.000 | .991 |
| Trabajo en equipo | 713.500 | .637 |
| Liderazgo | 701.000 | .542 |
| Manejo de conflictos | 639.500 | .296 |
| Pensamiento crítico | 711.500 | .623 |
| Inteligencia emocional | 731.500 | .733 |
| Habilidades blandas | 712.500 | .771 |

Nota: Variable de agrupación: Sexo. 1=hombre, 2=mujer.

Considerando el criterio de rechazo de la hipótesis nula que se presenta cuando los valores sig asintótica bilateral son menores al nivel de significancia de 0.05, los valores sig que aparecen en la tabla anterior, fueron mayores, por lo que se sugiere que no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, los resultados observados podrían ser el resultado al azar, por consiguiente no se encontró una diferencia o efecto significativo entre las habilidades blandas y la perspectiva de género.

Por último es conveniente acotar que los valores encontrados de los estadísticos descriptivos de la variable de interés habilidades blandas no presentan diferencia significativa entre el grupo de hombres y mujeres, la media del grupo de hombres 3.55 y la media del grupo de mujeres 3.53, se consideraron estadísticamente iguales, cabe considerar, por otra parte, que la mayoría de los hombres y la mayoría de mujeres contestaron 4=siempre en la escala Likert del cuestionario de habilidades blandas, lo que refleja que los docentes de la organización superior frecuentemente desarrollan estas competencias y lo confirma la asimetría de la distribución de ambos grupos que fue negativa.

Estos resultados muestran que las habilidades blandas docentes son universales, las cuales pueden ser desarrolladas por cualquier persona independientemente de su género, sin embargo, la forma como se manifiestan y se valoran pueden variar en algunas de las dimensiones debido a factores sociales o culturales.

A partir de los resultados obtenidos se recomienda organizar talleres o charlas sobre la importancia de la perspectiva de género en la educación, explicando cómo los estereotipos de género pueden influir en la dinámica del aula y en el rendimiento de los estudiantes; capacitar a los docentes en habilidades de escucha activa y empatía, con un enfoque en cómo estas habilidades pueden contribuir a una mejor comprensión de las necesidades y preocupaciones de los estudiantes desde una perspectiva de género; promover la formación en estrategias de gestión de aula que sean inclusivas y respeten la diversidad de identidades de género y orientaciones sexuales; proponer la revisión y adaptación de contenidos curriculares con una perspectiva de género, garantizando que los materiales sean inclusivos y representativos de todas las identidades de género; fomentar el autocuidado y la reflexión sobre las emociones y prejuicios que los docentes puedan tener en relación al género, promoviendo la autorregulación emocional; desarrollar normas y conductas claras en el aula que refuercen la equidad de género, como el uso de lenguaje inclusivo y la promoción de un ambiente libre de discriminación; establecer programas de formación continua en habilidades blandas con enfoque de género, organizando ciclos de capacitación, foros, y mesas de diálogo sobre la temática; invitar a profesionales y académicos de diversos géneros a compartir sus experiencias con los estudiantes, mostrando que el género no es una limitación para el éxito y fomentar la creación de redes de apoyo entre los docentes para discutir temas de género, intercambiar buenas prácticas y crear soluciones colectivas a problemas comunes.

CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo planteado, el estudio revela que, en términos generales, tanto hombres como mujeres docentes presentan niveles similares de habilidades blandas. Esta paridad sugiere que ambos géneros pueden desempeñar un papel igualmente efectivo en el entorno educativo, lo que es fundamental para promover un ambiente de enseñanza inclusivo.

A pesar de la similitud general, desde el enfoque de la estadística descriptiva, se identificaron diferencias notables en dimensiones específicas, como el manejo de conflictos y el liderazgo, donde los hombres mostraron puntuaciones más altas. Esto sugiere que puede existir una percepción o experiencia distinta de estas habilidades según el género, lo que merece una exploración más profunda para entender sus implicaciones.

Por otra parte, la empatía y la comunicación son habilidades clave en el ámbito educativo. Las puntuaciones similares en estas dimensiones indican que ambos géneros valoran y practican estas competencias, lo que es esencial para el desarrollo de relaciones efectivas entre los mismos docentes y con los estudiantes.

Las diferencias en la media de desarrollo profesional sugieren que puede haber variaciones en las oportunidades y el acceso a recursos de formación entre docentes de diferentes géneros. Es crucial implementar políticas que aseguren un acceso equitativo a programas de desarrollo profesional.

La inclusión de la perspectiva de género en la formación docente es esencial para fomentar una mayor conciencia sobre las dinámicas de poder y las experiencias diferenciadas. Esto puede contribuir a un entorno educativo más equitativo y a una mejor preparación de los docentes para abordar cuestiones de género en sus aulas.

Considerando las habilidades blandas son necesarias en el ámbito personal, laboral y profesional, y que no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en cuanto al desarrollo de estas habilidades, se muestran a continuación algunas sugerencias de programas que se pueden implementar para ambos grupos: talleres de comunicación efectiva para mejorar la escucha activa, la asertividad y el fortalecimiento de la expresión oral y escrita, de formación de liderazgo inclusivo, donde se fomente la empatía y se respeten los diferentes puntos de vista de los integrantes, así como el desarrollo de la habilidad del manejo de conflictos, de manejo de estrés e incremento de la resiliencia, de trabajo en equipo y colaboración entre otros; la implementación de estos talleres de manera indistinta entre docentes hombres y mujeres puede resultar de gran beneficio para la comunidad educativa.

Otros estudios realizados con esta temática, tal como el del Tecnológico Nacional de México, Campus Coatzacoalcos, los resultados sugieren que los docentes desde la perspectiva de género, no presentan una diferencia significativa en los factores que integran la variable habilidades blandas (Ceja et al., 2022), mientras que en caso del estudio de habilidades blandas, un estudio de género, de la Universidad Tecnológica el Retoño en México, los resultados sugieren que el género masculino presenta mayor percepción de habilidades blandas que el género femenino, y que los estudiantes de las carreras de formación administrativa tienen una autopercepción mayor de habilidades blandas que las carreras tecnológicas (Alvarado et al., 2022); lo cual puede abonar a la teoría algunos aspectos importantes a considerar, como el ambiente educativo, ya que en algunas instituciones de educación superior se fomenta una cultura organizacional más inclusiva y colaborativa, donde tanto el grupo de hombres como de mujeres tienen las mismas oportunidades de participación en acciones que acrecienten las habilidades blandas como la comunicación, el trabajo en equipo y la empatía y en otras no, lo que puede hacer la diferencia. Además en algunas instituciones existe la percepción de que ciertos roles, habilidades o competencias son más adecuados para un género determinado, lo cual puede frenar el desarrollo de determinadas habilidades blandas lo cual también puede contribuir en la diferencia de los resultados en los estudios que abordan esta temática; de aquí la importancia de que los docentes puedan diseñar estrategias educativas innovadoras, que permitan tanto a los docentes como a los estudiantes participar de manera proactiva y se pueda promover una equidad mayor en el desarrollo de habilidades blandas.

Por tanto, las habilidades blandas son esenciales no solo para el desarrollo profesional de los docentes, sino también para la creación de un ambiente educativo que fomente la equidad de género y el respeto. Al integrar estas competencias en la formación docente y al considerar la perspectiva de género, se contribuye a una educación más inclusiva, transformadora y relevante en el contexto contemporáneo.

Finalmente, la importancia de las habilidades blandas en la educación superior y la necesidad de adoptar un enfoque de género para asegurar que todos los docentes tengan la oportunidad de desarrollar y aplicar estas competencias de manera equitativa.

En cuanto a las futuras líneas de investigación se recomienda realizar estudios adicionales que profundicen en las experiencias y percepciones de los docentes sobre sus habilidades blandas, así como en el impacto que estas tienen en la enseñanza y el aprendizaje.

Un estudio longitudinal podría ofrecer una visión más completa sobre cómo se desarrollan estas habilidades a lo largo del tiempo y en diferentes contextos.

REFERENCIAS

- Alvarado, A., Valdivia, M., De la Torre, H. y Araiza, M.A. (2022). Habilidades blandas. Un estudio de género. Caso Universidad Tecnológica el Retoño, México. *Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 98, 182-203. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8684271>
- Cadillo, G. S., Valentin, L. M., y Huairé, E.J. (2022). Género y desarrollo de las habilidades blandas en el ámbito educativo durante la pandemia por COVID-19. *ConCiencia EPG*, 7(2), 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8602563>
- Ceja, S., Céspedes, S., Vázquez, L., y Pacheco, E. (2022). Estudio de las habilidades blandas: Profesores del Tecnológico Nacional de México, Campus Coatzacoalcos. *Revista Scientific*, 7(24), 219-236. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2022.7.24.11.219-236>
- Chávez, M, y Dorado-Martínez, A. (2019). Desarrollo de habilidades para la vida en Escuela Móvil: Estrategia de empoderamiento de niños y adolescentes como sujetos de derecho. *Univ. Salud*, 21(3), 205-214. <https://doi.org/10.22267/rus.192103.157>
- De la Ossa, J. (2022). Habilidades blandas y ciencia. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 14(1). <https://doi.org/10.24188/recia.v14.n1.2022.945>
- Guerra-Báez, S. P. (2019). Una revisión panorámica al entrenamiento de las habilidades blandas en estudiantes universitarios. *Psicología Escolar e Educacional*, 23, e186464. <https://www.scielo.br/j/pee/a/YyZgKBY9JLVXnCDKMNc7nqc/?lang=es&f>
- Guevara, F. S., Vélez, A. D. y Álvarez, M. E. (2023). Habilidades blandas y su influencia en el desempeño laboral de los docentes de la ESPAM-MFL. *Revista Electrónica Formación Y Calidad Educativa*. 11(3), 44-55. <https://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/3766>
- Lozano, M. A., Lozano, E. N., y Ortega, M. Y. (2022). Habilidades blandas una clave para brindar educación de calidad: revisión teórica. *Conrado*, 18(87), 412-20. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v18n87/1990-8644-rc-18-87-412.pdf>
- Macías, A. B. (2007). La consulta a expertos como estrategia para la recolección de evidencias de validez basadas en el contenido. *Investigación educativa duranguense*, (7), 5-14. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=ARTURO+BARRAZA+MAC%C3%8DAS&btnG=
- Marrero, O., Mohamed, R. y Xifra, J. (2018). Habilidades blandas: necesarias para la formación del estudiante universitario. *Revista Científica ECOCIENCIA*. <http://dx.doi.org/10.21855/ecociencia.50.144>
- Matas, G. P. (2019). Juzgar con perspectiva de género: una metodología vinculante de justicia equitativa. *iQual. Revista de Género e Igualdad*, (2), 1-21. <https://doi.org/10.6018/iQual.341501>
- Montoro, G. (2018). Las habilidades sociales en los desempeños docentes de la Facultad de Arquitectura-UNI. <http://repositorio.upch.edu.pe/handle/upch/3759>
- Organización Mundial de la Salud. *Guidelines: Life Skills Education Curricula for Schools*. Ginebra, Suiza. 1999.
- Rodríguez, J. L., Rodríguez, R. E., y Fuerte, L. (2021). Habilidades blandas y el desempeño docente en el nivel superior de la educación. *Propósitos y Representaciones*,9(1). e1038. Doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2021.v9n1.1038>

Torres-Murillo J. E. (2019). Línea del tiempo y Antecedentes: habilidades blandas y felicidad. (internet) Universidad Simón Bolívar: Colombia. <https://www.studoeu.com/ea/document/universidad-simon-bolivar-eolombia/psicologia-general/linea-del-tiempo-y-antecedentes-habiliddes-blandas-y-felicidad/9360058>

UNICEF Venezuela. (2017, mayo). Habilidades para la vida. Herramientas para el #Buen Trato y la prevención de la violencia. <https://acortar.link/ifwbCb>

EL IMPACTO DE LA EDUCACIÓN EN LA COMPETITIVIDAD REGIONAL: ANÁLISIS DE INDICADORES CLAVES

María Jose Nozato López

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta / mjnozato@gmail.com

Elda Abigail McGrew Samaniego

Instituto de Capacitación para el Trabajo del estado de Sonora / <https://orcid.org/0009-0002-7624-3853>

RESÚMEN

La relación entre educación y competitividad ha sido extensamente investigada a nivel global, revelando que los niveles educativos y la calidad de la educación son determinantes cruciales del desarrollo económico y social regional. En la región fronteriza noreste de Sonora, la falta de evaluación objetiva de los indicadores educativos representa un desafío significativo para la formulación de políticas efectivas que impulsen el desarrollo sostenible. Este estudio se centra en analizar cómo los indicadores educativos influyen en la competitividad regional en esta área específica. Se argumenta la importancia de mejorar la calidad educativa, fomentar la innovación tecnológica en la educación, y desarrollar políticas inclusivas y sostenibles como estrategias clave para fortalecer la competitividad regional. El estudio en su desarrollo adopta un diseño investigativo no experimental, transeccional con alcance correlacional enmarcado en el enfoque metodológico cuantitativo. La aplicación del análisis factorial exploratorio permite establecer las relaciones causales de las variables consideradas en el estudio, aplicando los instrumentos diseñados a las localidades y organizaciones dedicadas a la educación en la zona fronteriza noreste del estado de Sonora. Además, se recopilarán datos cualitativos a través de entrevista y sesiones de profundidad para complementar encuestas que nos generen hallazgos cuantitativos. Con esta combinación metodológica, el estudio busca proporcionar una comprensión integral de cómo los factores educativos impactan la competitividad regional. Así, se contribuye con evidencia científica relevante para mejorar las políticas públicas educativas y económicas, promoviendo un desarrollo más equilibrado y sostenible en la región.

Palabras clave: Educación, Competitividad regional, Calidad educativa

ABSTRACT

The relationship between education and competitiveness has been extensively researched globally, revealing that educational levels and the quality of education are crucial determinants of regional economic and social development. In the northeastern border region of Sonora, the lack of objective evaluation of educational indicators represents a significant challenge for the formulation of effective policies that promote sustainable development. This study focuses on analyzing how educational indicators influence regional competitiveness in this specific area. The importance of improving educational quality, promoting technological innovation in education, and developing inclusive and sustainable policies as key strategies to strengthen regional competitiveness is argued. In its development, the study adopts a non-experimental, cross-sectional research design with a correlational scope framed in the quantitative methodological approach. The application of exploratory factor analysis allows establishing the causal relationships of the variables considered

in the study, applying the designed instruments to the localities and organizations dedicated to education in the northeastern border area of the state of Sonora. In addition, qualitative data will be collected through interviews and in-depth sessions to complement surveys that generate quantitative findings. With this methodological combination, the study seeks to provide a comprehensive understanding of how educational factors impact regional competitiveness. Thus, it contributes with relevant scientific evidence to improve educational and economic public policies, promoting a more balanced and sustainable development in the region.

Keywords: Education, Regional Competitiveness, Educational Quality

INTRODUCCIÓN

La relación entre educación y competitividad ha sido objeto de numerosos estudios a nivel global, evidenciando que los niveles educativos y la calidad de la educación son factores determinantes para el desarrollo económico y social de una región. En la región fronteriza noreste de Sonora, que limita con los Estados Unidos, existen condiciones únicas que plantean tanto oportunidades como desafíos para su desarrollo competitivo. A pesar del potencial económico de esta área, la falta de una evaluación objetiva y sistemática de los indicadores educativos dificulta la formulación de políticas efectivas que impulsen un crecimiento sostenido y el desarrollo sustentable.

El presente estudio aborda la problemática de la escasa valoración de los índices educativos en la región y su impacto en los factores de competitividad regional. Para ello se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿cómo los indicadores educativos influyen en la capacidad de la región para atraer y retener talento, generar innovación y mejorar la productividad?

Para dar respuesta al problema científico planteado, se formula la siguiente hipótesis de investigación correlacional: el desarrollo de habilidades y competencias, políticas educativas, inclusión y sostenibilidad, impactan positivamente en el potencial competitivo de la región noreste de Sonora. Objetivo: evaluar los principales indicadores educativos sobre el potencial competitivo de la región noreste de Sonora.

Los objetivos específicos de este trabajo incluyen:

- 1) Analizar la evolución de las teorías relacionadas con los indicadores educativos que han demostrado un impacto significativo en la competitividad.
- 2) Desarrollar un procedimiento metodológico que permita evaluar los indicadores educativos en el potencial competitivo de la región.
- 3) Validar este procedimiento de manera concurrente y predictiva para garantizar su aplicabilidad en el contexto regional.

Entre los conceptos clave que se abordan se encuentran la educación como motor de desarrollo, la innovación tecnológica educativa, las políticas educativas inclusivas y sostenibles. Las políticas educativas juegan un rol esencial en la creación de un sistema educativo equitativo y sostenible. Según Schleicher (2019), la inclusión de grupos vulnerables y la sostenibilidad son factores cruciales para una educación de calidad en el siglo XXI. En el contexto del noreste de Sonora, es fundamental diseñar políticas que aseguren la inclusión social y fomenten la equidad en el acceso a la educación superior. Estudios sobre tendencias educativas en países en desarrollo destacan la importancia de una planificación educativa a largo plazo que contemple tanto el crecimiento económico como la reducción de desigualdades (Barakat & Bengtsson, 2020). así como el potencial competitivo regional. Estos elementos son fundamentales para comprender cómo la mejora de la calidad educativa y la implementación de metodologías innovadoras pueden contribuir a fortalecer el potencial competitivo en una región transfronteriza.

En este trabajo se inicia con el diagnóstico de los indicadores educativos en la región, el desarrollo del marco metodológico y los instrumentos valorativos para el desarrollo del estudio, concluyendo con recomendaciones prácticas y políticas para el impulso del potencial competitivo en la región fronteriza noreste de Sonora

La competitividad regional se ha convertido en un tema crucial para los países en desarrollo, especialmente en regiones donde las disparidades económicas y sociales son amplias. La educación, como herramienta clave para la construcción del capital humano, se vincula directamente con el crecimiento económico y la productividad, lo que hace indispensable su estudio en el marco del desarrollo regional (Hanushek & Woessmann, 2015). En el ámbito global, países como Finlandia, Singapur y Corea del Sur han demostrado cómo la inversión en la calidad educativa y la innovación tecnológica ha permitido mejorar sus niveles de competitividad, posicionándolos entre los más desarrollados (Schwab, 2019; Lee, 2012). Estos países han desarrollado estrategias educativas orientadas a mejorar el acceso, calidad y pertinencia de la educación para ajustarse a las demandas del mercado laboral globalizado. La educación tiene un papel fundamental en el desarrollo económico y social de las regiones, particularmente en contextos transfronterizos como el noreste de Sonora, donde las condiciones socioeconómicas presentan desafíos únicos. La competitividad de estas regiones se ve influenciada directamente por la calidad del sistema educativo y su capacidad para formar capital humano adaptado a las demandas del mercado (Blundell et al., 1999). Según Marginson (2016), invertir en educación de calidad no solo mejora la productividad económica, sino que también refuerza el bienestar social y la equidad.

En México, la relación entre educación y competitividad ha sido ampliamente discutida, pero sigue enfrentando retos significativos. Diversos estudios señalan que, aunque ha habido avances en ciertos aspectos del sistema educativo, la falta de conexión entre la formación académica y las necesidades del mercado laboral sigue siendo un obstáculo (OECD, 2021). Esto es especialmente relevante en el noreste de Sonora, una región con características socioeconómicas particulares que enfrenta desafíos para mejorar su productividad laboral y crecimiento económico. En esta región, se han observado deficiencias en la tasa de graduación, la calidad educativa y el acceso a la educación superior, lo cual afecta su competitividad (INEGI, 2020). Diversos estudios han señalado que la educación es un factor crítico para el desarrollo económico sostenible. La evidencia de países como Corea del Sur muestra que la inversión en educación y la formación de competencias avanzadas han llevado a un crecimiento económico sostenido (Lee, 2012). Este tipo de estrategias puede ser replicado en regiones como Sonora, donde existe un potencial económico latente (Eichhorst & Zimmermann, 2015). Las investigaciones sugieren que la educación técnica y vocacional puede ser una respuesta eficaz a las demandas del mercado laboral local (Imam, 2016).

Este estudio tiene como propósito analizar cómo los indicadores educativos impactan el potencial competitivo regional en el noreste de Sonora, con un enfoque específico en la innovación social inclusiva como marco teórico. La Innovación Social Inclusiva promueve estrategias educativas equitativas que no solo buscan el crecimiento económico, sino que también fomentan la inclusión social, lo que es crucial para una región fronteriza como Sonora, que enfrenta tanto desafíos de desarrollo como desigualdades estructurales. Al analizar los indicadores de competitividad y su relación con los indicadores educativos, este trabajo pretende proporcionar una comprensión integral que permita mejorar las políticas públicas en la región, fortaleciendo su desarrollo económico y social.

Los nuevos constructos de competitividad, como la innovación tecnológica educativa, el desarrollo de habilidades y competencias, las políticas educativas, y la inclusión y sostenibilidad, juegan un rol crucial en el avance de las regiones en un entorno globalizado. Estos constructos permiten no solo medir la capacidad de una región para adaptarse a los cambios en el mercado global, sino también desarrollar estrategias de crecimiento inclusivo que fomenten tanto el bienestar social como el desarrollo económico sostenible. Cada uno de estos elementos fortalece la competitividad de una región, creando una sinergia entre la preparación educativa, la adopción de nuevas tecnologías y la capacidad para generar políticas que promuevan un crecimiento equitativo (López, 2020).

La innovación tecnológica en la educación y la implementación de metodologías pedagógicas innovadoras han transformado profundamente el sistema educativo actual. La integración de tecnologías emergentes, como el aprendizaje en línea, plataformas digitales, y tecnologías inmersivas, tales como la realidad aumentada y la inteligencia artificial, han mostrado un potencial significativo para mejorar la calidad educativa y personalizar el aprendizaje para los estudiantes (Selwyn, 2016). Estas herramientas tecnológicas no solo optimizan los procesos de enseñanza-aprendizaje, sino que también preparan a los estudiantes con las habilidades y competencias necesarias para un mercado laboral cada vez más digitalizado (Johnson et al., 2016). De este modo, el uso de plataformas de

aprendizaje en línea y herramientas interactivas favorece la creación de ambientes educativos más flexibles y centrados en el estudiante, lo que promueve el desarrollo de un capital humano con las capacidades técnicas y cognitivas para enfrentar los retos del futuro (Redecker, 2017). Indicadores de medición:

- Grado de implementación de tecnologías educativas, porcentaje de escuelas con acceso a plataformas digitales, uso de inteligencia artificial (IA) o realidad aumentada (RA) en el aula.
- Frecuencia de actualización de metodologías pedagógicas (número de capacitaciones docentes y actualizaciones curriculares).
- Tasa de adopción de nuevas plataformas y herramientas de enseñanza (uso de plataformas virtuales, aplicaciones educativas, etc.).

Desarrollo de habilidades y competencias, este constructo aborda la capacidad del sistema educativo para desarrollar habilidades clave y competencias técnicas, digitales y sociales que son demandadas en el entorno laboral actual. En un mundo altamente globalizado, la competitividad de una región depende de habilidades de su fuerza laboral para adaptarse a los cambios del mercado y ser innovadora. Este constructo se centra no solo en las competencias técnicas, sino también en habilidades blandas como la comunicación, el trabajo en equipo y el pensamiento crítico.

Indicadores de medición:

- Evaluación de habilidades blandas y digitales (porcentaje de estudiantes con competencias en tecnologías de la información y comunicación, capacidad de resolución de problemas).
- Tasa de participación en programas de formación en habilidades avanzadas (formación técnica, certificaciones en habilidades digitales).
- Correspondencia entre las competencias adquiridas y las demandas del mercado laboral (evaluado a través de encuestas a empleadores).

Políticas educativas, este constructo abarca la implementación y evaluación de políticas educativas que busquen mejorar la equidad, la calidad y la pertinencia del sistema educativo en la región. Las políticas educativas sólidas son fundamentales para garantizar que el sistema educativo responda a las necesidades locales y globales, Las políticas educativas juegan un rol esencial en la creación de un sistema educativo equitativo y sostenible. Según Schleicher (2019), la inclusión de grupos vulnerables y la sostenibilidad son factores cruciales para una educación de calidad en el siglo XXI. En el contexto del noreste de Sonora, es fundamental diseñar políticas que aseguren la inclusión social y fomenten la equidad en el acceso a la educación superior. Estudios sobre tendencias educativas en países en desarrollo destacan la importancia de una planificación educativa a largo plazo que contemple tanto el crecimiento económico como la reducción de desigualdades (Barakat & Bengtsson, 2020). En el noreste de Sonora, las políticas educativas deben priorizar la formación de talento acorde con las demandas de los sectores económicos clave y mejorar el acceso a la educación en todos los niveles.

Indicadores de medición:

- Inversión pública en educación (porcentaje del PIB destinado a la educación, gasto per cápita en estudiantes).
- Impacto de las políticas de mejora continua (número de reformas educativas y su impacto en indicadores de calidad educativa, como tasas de graduación y rendimiento académico).
- Evaluación de políticas de vinculación entre la educación y el mercado laboral (programas de prácticas profesionales, convenios entre instituciones educativas y empresas).

Inclusión y sostenibilidad, engloba la promoción de un sistema educativo inclusivo, equitativo y sostenible. La inclusión implica garantizar que grupos vulnerables o marginados tengan acceso a una educación de calidad, mientras que la sostenibilidad educativa asegura que el sistema pueda mantener sus estándares y objetivos a largo plazo. Para una región como Sonora, con altos niveles de desigualdad, es crucial implementar políticas que promuevan la igualdad de oportunidades y permitan un crecimiento sostenido de su competitividad.

Indicadores de medición:

- Tasa de inclusión de estudiantes de grupos vulnerables (porcentaje de estudiantes de bajos ingresos, minorías étnicas y personas con discapacidad matriculados).
- Número de programas educativos inclusivos (proyectos destinados a mejorar la accesibilidad de la educación para todos).
- Inversión en educación sostenible (iniciativas para garantizar la financiación a largo plazo, programas de educación ambiental y socialmente responsable).

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

Contiene la estrategia metodológica desarrollada para la investigación. Incluye el diseño de la investigación, población, muestra y muestreo; el proceso de investigación, así como las técnicas empleadas para la recopilación de los datos.

Es fundamental comprender cómo la educación impacta la competitividad económica en el noreste de Sonora, utilizando un diseño investigativo no experimental transeccional con alcance correlacional enmarcado en el enfoque metodológico cuantitativo. Este enfoque permite recopilar datos que describan el estado actual de los indicadores educativos y su relación con la competitividad regional, respetando su naturaleza y contexto.

La elección de un diseño transeccional se fundamenta en analizar las variables en un periodo específico, proporcionando un diagnóstico del impacto educativo en la competitividad durante el tiempo en que se realiza el estudio. Esto asegura que los resultados reflejen la situación más reciente y relevante, permitiendo una interpretación oportuna para la toma de decisiones políticas y académicas. Ahora bien, es de imperante necesidad establecer que las variables manejadas están en función a los seres humanos por tal motivo no es factible realizar experimentos en la operabilidad de las variables estando con ello la necesidad de enmarcar nuestro estudio como no experimental. La correlación es relevante ya que el objetivo principal es detectar y examinar las conexiones entre los indicadores educativos (tales como calidad, acceso e innovación) y los indicadores de competitividad a nivel regional. Este método estadístico posibilita identificar el rumbo y la magnitud de estas relaciones sin determinar una causa directa.

Este enfoque busca identificar las relaciones entre los indicadores educativos y la competitividad regional, analizando de qué manera la calidad y el acceso a la educación influyen en el desarrollo económico local (Hanushek & Woessmann, 2015). La metodología combina el uso de fuentes de datos tanto cuantitativas como cualitativas, proporcionando una visión más completa de la problemática. La investigación se basará en el análisis de datos provenientes de instituciones educativas de nivel medio y superior, así como de representantes del sector empresarial y gubernamental. Este enfoque integrará diversas perspectivas, lo cual es esencial en un estudio que correlaciona entre educación y desarrollo económico regional (OECD, 2021). La muestra estará dividida en tres grupos: docentes, directivos y empleadores. La selección de esta muestra se realizará mediante un muestreo estratificado, a partir de cada población definida, que garantiza la representación de los distintos grupos involucrados en el sistema educativo y en el sector empresarial. Este tipo de muestreo es especialmente adecuado para capturar la variabilidad entre los sectores, lo que contribuye a un análisis más preciso y representativo de la relación entre la educación y la competitividad (Creswell & Plano Clark, 2017).

Se diseñó el instrumento que proporcionará Figura 1 información cuantitativa y cualitativa sobre indicadores educativos, considerando los nuevos constructos de competitividad se realiza una selección exhaustiva de los indicadores que medirán el impacto del potencial competitivo, la cual está basada en dos fases; que corresponde en la primera a responder con el nivel de importancia y el grado de acuerdo de 13 ítems, se analizarán mediante un análisis temático, una técnica que permite identificar patrones y temas recurrentes en las respuestas de los entrevistados. Esta técnica es especialmente útil en estudios que busca correlacionar las percepciones de los participantes sobre fenómenos complejos, como la interacción entre la educación y la competitividad económica (Braun & Clarke, 2006).

Figura 1. Elaboración propia del autor.



Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Agua Prieta

Como parte de un estudio del análisis del potencial competitivo. La investigación se desarrolla con el objetivo de evaluar los principales indicadores educativos sobre el potencial competitivo de la región noreste de Sonora. Esta encuesta se divide en dos fases la primera se valora en escalas y en la segunda preguntas de reflexión.

Instrucciones: Valore en una escala de 1(nivel más bajo) a 5 (nivel más alto), como Ud. considera el de grado de importancia del indicador educativo (a la izquierda) y grado de impacto (a la derecha) que tienen los siguientes aspectos para su institución educativa.

Considere en la respuesta la siguiente escala:

| | | | |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Importancia | 1. Sin importancia | 2. Poco importante | 3. Importante |
| | 4. Muy importante | 5. Altamente importante | |
| Grado de acuerdo (G.A.) | 1. Muy bajo o insuficiente | 2. Débil o bajo | 3. Moderado o regular |
| | 4. Aceptable o bueno | | 5. Muy bueno |

| FASE 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------|---|---|---|--|--|--|--|--|-----------|---|---|---|---|--|
| Importancia+ | Docentes | | | | | | | | | - G. A. + | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| | | | | | Las tecnologías emergentes (realidad aumentada, inteligencia artificial, plataformas digitales) han sido implementadas en las instituciones educativas de la región. | | | | | | | | | | |
| | | | | | En la impartición de mi cátedra, la utilización de herramientas tecnológicas han sido de impacto en la calidad educativa en la región. | | | | | | | | | | |
| | | | | | En la institución educativa las capacitaciones docentes y actualizaciones curriculares sobre metodologías innovadoras son frecuentes. | | | | | | | | | | |
| | | | | | Durante el desarrollo de mi cátedra los estudiantes tienen acceso regular a plataformas virtuales y aplicaciones educativas que fomentan nuevas formas de aprendizaje. | | | | | | | | | | |

El análisis de los datos cuantitativos se llevará a cabo mediante técnicas de regresión múltiple. Este enfoque permitirá evaluar la influencia de diversos indicadores educativos, Por otro lado, los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas se analizarán mediante un análisis temático, una técnica que permite identificar patrones y temas recurrentes en las respuestas de los entrevistados. Esta técnica es especialmente útil en estudios que buscan explorar las percepciones de los participantes sobre fenómenos complejos, como la interacción entre la educación y la competitividad económica (Braun & Clarke, 2006).

Además de los datos primarios, se utilizarán datos secundarios provenientes de fuentes confiables como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) y el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT). Estas instituciones proporcionan estadísticas socioeconómicas y educativas clave que permiten contextualizar los resultados del estudio y realizar comparaciones con otras regiones del país (INEGI, 2024; IMCO, 2024; CONAHCYT, 2024). A través de sus bases de datos actualizadas, se accederá a información relevante sobre el acceso y la calidad educativa, el desarrollo económico y las políticas públicas en México. Se espera que los resultados del estudio proporcionen evidencia relevante para la formulación de políticas públicas que promuevan tanto el desarrollo educativo como el crecimiento económico en Sonora. Al comprender mejor la relación entre estos factores, se podrán diseñar estrategias más efectivas para mejorar la competitividad regional y contribuir al crecimiento económico y la reducción de las desigualdades en la región (Schwab, 2019). La evidencia recopilada sugiere que la combinación de tecnologías educativas con políticas que prioricen la inclusión y la sostenibilidad tendrá un impacto positivo en la competitividad regional (García-Holgado & García-Peñalvo, 2020). Además, estudios longitudinales en educación son cruciales para evaluar la efectividad de estas políticas a largo plazo (World Economic Forum, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este estudio establece un instrumento que en su momento buscará conocer el papel de la educación como un factor clave en mejorar la competitividad económica del noreste de Sonora. La calidad educativa, en términos de su capacidad para proporcionar a los estudiantes las habilidades y conocimientos que el mercado laboral actual demanda, es esencial para que las regiones puedan afrontar los desafíos de la globalización y fomentar un crecimiento económico sostenible. La educación desempeña un papel crucial en la formación de una fuerza laboral calificada y adaptable, que es un motor del crecimiento económico a largo plazo.

Es necesario que las instituciones educativas adapten su oferta a las demandas del mercado laboral, estableciendo un vínculo más fuerte con el sector productivo. Para lograrlo, se recomienda la creación de comités consultivos que incluyan a representantes de las empresas locales, el gobierno y las propias instituciones educativas. Estos comités deberían realizar estudios periódicos sobre las áreas de mayor demanda en el mercado laboral, lo que permitiría ajustar continuamente los programas educativos, asegurando que los egresados posean las competencias necesarias para insertarse exitosamente en el mercado laboral. Entre estas competencias, las habilidades digitales y técnicas específicas son de especial relevancia.

La educación técnica y vocacional también debe recibir una atención prioritaria, con inversiones enfocadas en áreas estratégicas como la tecnología de la información, la manufactura avanzada y las energías renovables. Este enfoque permitirá que los estudiantes adquieran habilidades prácticas y conocimientos técnicos directamente aplicables en el mercado laboral, mejorando su empleabilidad y, a su vez, la productividad de la región.

Asimismo, es fundamental promover la inclusión en la educación superior, ampliando el acceso a todos los sectores de la población. Se puede lograr a través de programas de becas y apoyo financiero que ayuden a los estudiantes de bajos ingresos a continuar con su educación. Además, políticas de discriminación positiva dirigidas a poblaciones tradicionalmente marginadas, como los grupos indígenas o las personas con discapacidad, contribuirán a reducir la desigualdad en el acceso a la educación y a fortalecer la competitividad regional.

Para continuar explorando el vínculo entre educación y competitividad, se sugiere realizar un análisis más profundo sobre el impacto de las políticas de innovación educativa en el desarrollo económico regional. Evaluar la efectividad de metodologías innovadoras, como el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la enseñanza, y su impacto en la productividad y el desarrollo de habilidades laborales, es clave para diseñar políticas educativas más efectivas. Las herramientas tecnológicas aplicadas a la educación, como plataformas de aprendizaje en línea, pueden jugar un papel fundamental en la formación de estudiantes capaces de enfrentarse a un entorno laboral cada vez más digital y tecnificado.

Asimismo, se recomienda llevar a cabo estudios longitudinales que permitan medir el impacto a largo plazo de las políticas educativas en la competitividad económica. Analizar el desempeño de los graduados en términos de empleabilidad, emprendimiento y contribución a la innovación regional permitirá a los investigadores ajustar las estrategias educativas y económicas de manera más precisa. Estos estudios podrían ofrecer información valiosa sobre cómo las inversiones en educación y las reformas educativas afectan el desarrollo económico y potencial competitivo regional a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

El presente estudio determina la correlación entre los indicadores educativos y la competitividad regional en el noreste de Sonora. Este análisis pretende establecer cómo variables de calidad educativa, la inclusión y el acceso a la formación académica se relacionan con indicadores clave de competitividad, tales como el desarrollo de habilidades y competencias, políticas educativas,

inclusión y sostenibilidad, Aunque los resultados aún están en proceso de ser determinados, se espera confirmar que una educación de calidad y el fortalecimiento de los sistemas educativos son factores decisivos para afrontar los desafíos de la globalización y potenciar el desarrollo sostenible de la región.

Sin embargo, para que la educación cumpla su rol transformador, es necesario tender puentes entre las aulas y el mercado laboral. La creación de comités consultivos, donde participen empresas, gobierno e instituciones educativas, puede ser clave para diseñar programas académicos que respondan a las necesidades reales del sector productivo.

Invertir en educación no se trata solo de números y estadísticas, sino de brindar oportunidades a los egresados mejor preparados podrán insertarse con éxito en el mercado laboral, mientras que profesionales capacitados impulsarán la innovación y el desarrollo de la región. La educación sigue siendo uno de los motores principales del desarrollo económico en las regiones transfronterizas. Para maximizar su impacto, es necesario adoptar enfoques innovadores y políticas inclusivas que respondan a las necesidades locales.

La tecnología también juega un papel fundamental en la educación del siglo XXI. La incorporación de herramientas como la inteligencia artificial y la realidad aumentada, junto con plataformas de aprendizaje en línea, no solo enriquece la experiencia educativa, sino que también equipa a los estudiantes con habilidades altamente demandadas en el mundo laboral actual.

REFERENCIAS

- Aoun, J. E. (2017). *Robot-proof: Higher education in the age of artificial intelligence*. MIT Press.
- Anderson, J. A. (2015). Innovation and regional competitiveness: The role of education. *Journal of Regional Development Studies*, 14(3), 45-65.
- Barakat, B., & Bengtsson, S. (2020). What do education trends in developing countries tell us about future education scenarios? *International Journal of Educational Development*, 72, 102148. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2020.102148>
- Bates, A. W. (Tony). (2019). *Teaching in a digital age: Guidelines for designing teaching and learning* (2nd ed.).
- Blundell, R., Dearden, L., Meghir, C., & Sianesi, B. (1999). Human capital investment: The returns from education and training to the individual, the firm, and the economy. *Fiscal Studies*, 20(1), 1-23. <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.1999.tb00001.x>
- Boeren, E., & James, N. (2021). Advancing lifelong learning for employment in the EU: The role of education and training. *European Journal of Education*, 56(1), 4-17. <https://doi.org/10.1111/ejed.12382>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Eichhorst, W., & Zimmermann, K. F. (2015). Rethinking education for the digital age: Macro perspectives on the future of education. *IZA Discussion Papers*, No. 8904.
- García-Holgado, A., & García-Peñalvo, F. J. (2020). A model to define a sustainable higher education institution: The case of teaching innovation projects. *Sustainability*, 12(13), 5597. <https://doi.org/10.3390/su12135597>
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2015). *The knowledge capital of nations: Education and the economics of growth*. MIT Press.
- Imam, M. (2016). Education, competitiveness, and economic development. *International Journal of Economics and Finance*, 8(2), 101-110. <https://doi.org/10.5539/ijef.v8n2p101>
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2019). Índice de competitividad estatal. <https://imco.org.mx/competitividad>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Estadísticas educativas en México. <https://www.inegi.org.mx/educacion>
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2016). *NMC horizon report: 2016 higher education edition*. The New Media Consortium.
- Lee, C. K. (2012). The impact of education on economic growth: The case of Korea. *Economics of Education Review*, 31(5), 654-668. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2012.04.002>

- López, M. A. (2020). Educación y competitividad regional: Estrategias para un desarrollo inclusivo y sostenible. *Revista de Estudios Regionales*, 40(1), 45-70. <https://doi.org/10.5555/20204570>
- Marginson, S. (2016). *Higher education and the common good*. Melbourne University Publishing.
- OECD. (2021). *Educación en México: Logros y desafíos*. <https://www.oecd.org/educacion/mexico-educacion>
- Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Publications Office of the European Union.
- Schleicher, A. (2019). *PISA 2018: Insights and interpretations*. OECD Publishing.
- Schwab, K. (2019). *The global competitiveness report 2019*. World Economic Forum.
- Selwyn, N. (2016). *Education and technology: Key issues and debates*. Bloomsbury Academic.
- Stevens, P., & Weale, M. (2004). Education and economic growth. *International Handbook on the Economics of Education*, 2(1), 47-67.
- World Economic Forum. (2020). *The global competitiveness report 2020*.

RENDIMIENTO Y DESERCIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR QUE CURSARON PROPEDÉUTICO

Luz Elena González Lazalde

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / luz.gonzalez@itdurango.edu.mx

Julia Sabel Hernández Carrillo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / jshernandez@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

El rendimiento académico en los primeros semestres universitarios es crucial para la retención y éxito de los estudiantes. Esta Investigación analiza los resultados obtenidos al estudiar el desempeño de los alumnos que cursaron un propedéutico antes de ingresar a la universidad. Se examinó el desempeño de los estudiantes en los tres primeros semestres de una institución de educación superior, considerando variables clave como el promedio semestral, la cantidad de materias cursadas, y la proporción de materias aprobadas.

Para este estudio se tomó como muestra a los estudiantes que cursaron el propedéutico e ingresaron a la institución en semestre enero - junio del 2022. Considerando los datos se agruparon en semestres y carreras se aplica la prueba paramétrica ANOVA para evaluar la varianza dentro y entre los grupos y el análisis se realizó utilizando herramientas de estadística no paramétrica, específicamente la prueba Kruskal Wallis, debido a las características particulares de la muestra. Además, se consideraron las características demográficas de los grupos y los porcentajes de deserción hasta el cuarto semestre. Los hallazgos sugieren que el propedéutico puede tener un impacto significativo en la preparación para que obtengan un buen rendimiento académico y promedio semestral. En los resultados se muestra el rendimiento y promedios semestrales, identificando aquellas carreras que muestran diferencias significativas con las demás y su variación en cada semestre.

Palabras claves: Deserción, Aprovechamiento, Propedéutico.

ABSTRACT

Academic performance in the first semesters of university is crucial for student retention and success. This research analyzes the results obtained by studying the performance of students who took a preparatory course before entering university. The performance of students in the first three semesters of university was examined, considering key variables such as semester average grades, the number of subjects taken, and the proportion of subjects passed.

For this study, the sample consisted of students who took the preparatory course and entered the institution between January and June 2022. The analysis was conducted using non-parametric statistical tools, specifically the Kruskal-Wallis test, due to the particular characteristics of the sample. Additionally, the demographic characteristics of the groups and the dropout rates up to the fourth semester were considered.

The findings suggest that the preparatory course can have a significant impact on the preparation for achieving good academic performance and semester grades. The results show the performance and semester grades, identifying those careers that show significant differences compared to others and their variation in each semester.

Keywords: Dropout, Academic performance, Preparatory course.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento académico y la deserción escolar son temas de gran relevancia en el ámbito de la educación superior, ya que impactan no solo el futuro de los estudiantes, sino también en la calidad y prestigio de las instituciones educativas. En este estudio se buscó analizar el rendimiento escolar y los índices de deserción de los alumnos que cursaron el propedéutico en una institución de educación superior (IES), utilizando información de los tres primeros semestres del ciclo enero-junio de 2022. Este análisis se llevó a cabo con herramientas estadísticas paramétricas y no paramétricas, debido a que los datos se agruparon en semestres y carreras se aplica la prueba paramétrica ANOVA para evaluar la varianza dentro y entre los grupos y posteriormente se aplica la prueba Kruskal Wallis, para obtener una evaluación más robusta y confiable, identificando diferencias significativas en los resultados académicos de los estudiantes.

Desde la implementación del curso propedéutico en el Instituto Tecnológico de Durango (ITD) en 1983, la institución ha experimentado varios ajustes en su estructura y objetivos. Inicialmente, este programa buscaba nivelar los conocimientos de los estudiantes que no superaban el examen de selección, pero con el tiempo, se ha consolidado como una herramienta esencial para mejorar el rendimiento académico y reducir la deserción. En este contexto, la investigación se enfocó en evaluar si el curso propedéutico realmente impacta de manera positiva el desempeño de los estudiantes a lo largo de su carrera universitaria.

Curso propedéutico: una estrategia de nivelación

La palabra propedéutico alude a la enseñanza previa para el estudio de alguna disciplina (Real Academia Española, 2023, definición 2). El curso propedéutico se ha diseñado con el objetivo de proporcionar a los estudiantes las bases necesarias en materias clave como matemáticas y ciencias básicas. Este programa, que ha evolucionado a lo largo de los años, se ha implementado de manera no obligatoria para aquellos que no aprueban el examen de selección. Desde 1999, el curso ha incluido contenidos de álgebra, trigonometría y aprendizaje sinérgico, distribuidos en módulos de 260 horas (González Serrano, et al. 2006). A pesar de los ajustes realizados, la preocupación de los profesores sobre la falta de un conocimiento homogéneo entre los estudiantes persiste, lo que ha motivado la propuesta de extender la obligatoriedad del curso a todos los aspirantes.

El impacto del curso propedéutico en el rendimiento escolar es un tema que ha sido ampliamente discutido en la academia. Según Backhoff (2007), el aprovechamiento académico está determinado por factores como el capital cultural y económico, la calidad de la enseñanza y los recursos educativos disponibles. En este sentido, el propedéutico actúa como un mecanismo para nivelar estas diferencias, proporcionando a los estudiantes una base común sobre la cual desarrollar sus habilidades académicas.

Deserción escolar: un problema multifactorial

El abandono escolar es un fenómeno complejo que afecta a todas las instituciones de educación superior. En el ITD, la deserción ha sido atribuida a múltiples factores, entre los que destacan los problemas socioeconómicos, la falta de motivación y las dificultades académicas. Según Rochin Berumen (2021), la deserción también puede estar vinculada a las estrategias pedagógicas, las actividades de enseñanza y los métodos de evaluación utilizados en las aulas. Uno de los esfuerzos más destacados para combatir la deserción escolar ha sido el implementado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) a través de su Unidad Politécnica para la Educación Virtual (UPEV). Este modelo ha identificado factores como la falta de hábitos de estudio adecuados, la sobrecarga de trabajo y la

falta de acompañamiento, desarrollando estrategias que incluyen tutorías personalizadas y sistemas de seguimiento (Huerta, Fuenlabrada, y Torres, 2017). Estos esfuerzos subrayan la importancia de un enfoque integral para abordar la deserción, uno que no solo considere las habilidades académicas de los estudiantes, sino también su contexto personal y socioeconómico.

Permanencia estudiantil y resiliencia

La permanencia estudiantil, entendida como la capacidad de los estudiantes para completar sus estudios, es un tema prioritario para las instituciones educativas. Según Silva (2011), el primer año de educación superior es crucial para la adaptación de los estudiantes, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias de acompañamiento y apoyo desde el inicio. En este sentido, la resiliencia se presenta como un factor clave para lograr una mayor permanencia y éxito académico (Seminara, 2020).

La resiliencia, definida como la capacidad de un individuo para superar las adversidades, no es una cualidad innata, sino que puede ser fomentada a través de un entorno educativo adecuado (Seminara, 2020). Las instituciones, por lo tanto, juegan un papel fundamental en la creación de estos ambientes, promoviendo la permanencia estudiantil y la reducción de la deserción.

El curso propedéutico, como estrategia de nivelación en el ITD, ha demostrado ser un instrumento valioso para mejorar el rendimiento académico y reducir la deserción. Sin embargo, su implementación debe ir acompañada de otras medidas que aborden los factores socioeconómicos, motivacionales y pedagógicos que también influyen en la permanencia estudiantil. A través de un enfoque integral que combine la nivelación académica con el apoyo emocional y social, es posible no solo mejorar el rendimiento de los estudiantes, sino también garantizar su éxito a lo largo de su trayectoria universitaria.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se enmarca en las Ciencias Sociales, específicamente en el campo de las Ciencias de la Educación, dentro de la disciplina de Política Educativa. El objetivo fue evaluar los resultados de los estudiantes y, de ser factible, proponer políticas educativas institucionales que mejoren los índices de deserción, el promedio semestral y el rendimiento académico en instituciones de educación superior. Se tomaron en cuenta las áreas prioritarias del Programa Nacional Estratégico (PRONACES) del CONACYT en el ámbito de la Educación, ya que la investigación busca generar herramientas que permitan la inclusión de estudiantes con rezagos educativos (debido a su lugar de origen, institución de procedencia), nivel social, entre otros) con el fin de nivelar y homogenizar el rendimiento académico de los grupos, optimizando su aprovechamiento.

Lugar de estudio

Se llevó a cabo en una institución de nivel superior (IES), en específico en el Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango.

Tipo de investigación

Por nivel de profundidad fue de tipo descriptivo al identificar las características demográficas de los estudiantes, las carreras a las que pertenecen y los estadísticos de las variables de estudio; correlacional porque se buscó a través de un análisis multivariado la relación entre las variables y las muestras elegidas tanto de la población que llevó curso propedéutico como la que no lo cursó.

Sujeto de estudio

La muestra se eligió de la población de alumnos que cursaron propedéutico y su ingreso a la Institución en enero del 2022.

Método

El método fue de abstracción como fundamento en la comprensión del objeto de estudio destacando las posibles relaciones entre las variables y las muestra.

El desarrollo del proyecto se realizó a través de la siguiente ruta metodológica:

1. Se definieron las dimensiones de las variables y su forma de cálculo.
2. Se establecieron las características de la población de estudio, a través de información secundaria.
3. Se estableció a la población 1 como los alumnos que ingresaron a la institución en enero del 2022 a través del curso propedéutico.
4. Se estableció el tamaño de la muestra de manera probabilística considerando la población 1 con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 5%, estimando la varianza a través de una muestra piloto (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 2014).
5. Se realizó un muestreo probabilístico, tomando elementos de la base de datos de manera aleatoria sin remplazo de la población 1.
6. Se generó una base de datos con las variables a estudiar para la muestra, separando la muestra en grupos de comparación como especialidad y género.
7. Para analizar las variables demográficas de los alumnos, se utilizó el software SPSS versión 25 (IBM, 2019) y Minitab versión 19 (Minitab, 2020) para calcular la estadística descriptiva. Además, se llevaron a cabo pruebas de hipótesis mediante estadística inferencial, empleando técnicas no paramétricas para k muestras independientes y el análisis paramétrico ANOVA de una vía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis efectuado en los aspirantes que cursaron propedéutico e ingresaron en la institución en el semestre enero 2022 reporta que el 36% son mujeres y el 64% son hombres. En su primer semestre obtienen en promedio de calificación en las materias cursadas un 69.06% con una eficiencia del 0.80, en el segundo semestre un promedio de 61.50% con una eficiencia de 0.73 y un porcentaje de deserción de 7.55%, en el tercer semestre un promedio del 64.98% con una eficiencia de 0.76 y una deserción del 3.84% y en el cuarto semestre un promedio del 65.54% una eficiencia del 0.80 y una deserción del 12.50%. En la tabla 1 se muestra el promedio de calificación aprobatoria en los cuatro semestres, el promedio de eficiencia obtenida del total de materias aprobadas contra las no aprobadas y el porcentaje deserción a partir del segundo semestre, de la muestra de los estudiantes que cursaron propedéutico.

Tabla 1. Indicadores de promedio de calificación, eficiencia y porcentaje de deserción por semestre de estudiantes que cursaron propedéutico e ingresaron al ITD en el semestre enero 2022.

| | Primer semestre | | Segundo semestre | | | Tercer semestre | | | Cuarto semestre | | |
|--------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|
| | * | ** | * | ** | *** | * | ** | *** | * | ** | *** |
| Todos | 69.06 | 0.80 | 61.50 | 0.73 | 7.55 | 64.98 | 0.76 | 6.12 | 63.93 | 0.76 | 10.86 |

Fuente: elaboración propia.

* P=Promedio

** E= Eficiencia

*** D=Deserción

Se efectúa un análisis similar al anterior de las carreras de Administración, Arquitectura, ingeniería Bioquímica en alimentos, ingeniería Civil, ingeniería Mecatrónica, ingeniería Química, ingeniería en Sistemas computacionales y la carrera de ingeniería en Gestión empresarial.

En la carrera de Administración se encontró que en el primer semestre obtuvieron un promedio de 64.27% con una eficiencia de 0.76 y la mayor deserción se presenta en el cuarto semestre con un porcentaje del 12.5%. En la licenciatura en Arquitectura la mayoría obtuvo un promedio en el primer semestre de 64.58%, la mayor deserción se da en el primer semestre con un 17.95%. En ingeniería Bioquímica en alimentos se obtuvo un promedio de 67.69 en el primer semestre con una eficiencia del 0.79 y la deserción mayor en tercer semestre del 7.14. En la carrera de ingeniería Civil se obtuvo un promedio del 70.05 y una eficiencia del 0.84 en el primer semestre y la mayor deserción en cuarto semestre del 16.67%, la licenciatura de ingeniería Mecatrónica con un promedio del 73.29 y una eficiencia del 0.85, una deserción del 20% tanto en segundo como en tercer semestre. En ingeniería Química se obtuvo un promedio y una eficiencia en primer semestre del 59.71% y 0.72 respectivamente, la deserción se presenta en el segundo semestre con un 6.25%. En la carrera de ingeniería en Sistemas computacionales obtuvieron un promedio y una eficiencia de 79.79% y 0.89 respectivamente y la mayor deserción se presenta en cuarto semestre el 11.11% y por último en ingeniería en gestión empresarial la mayoría obtuvo un promedio del 81.22% y una eficiencia de 0.93 en primer semestre y la deserción se presenta en segundo semestre con el 14.28%.

Efectuando el comparativo entre las carreras se encuentra que las que presentan un menor índice de eficiencia en primer semestre son: Química, Arquitectura, Administración y Bioquímica, en el segundo semestre la carrera con menor eficiencia es Civil, repite Química y Mecatrónica, en el tercer semestre se vuelve a presentar Química, Civil y Arquitectura y en el último semestre analizado aparece nuevamente Química, aparece Sistemas y Civil de nuevo.

Los indicadores de deserción muestran uniformidad en las carreras con mayor índice a lo largo de los semestres, en el segundo semestre las carreras con mayor deserción son Mecatrónica, Arquitectura y Gestión; en el tercer semestre se repite Mecatrónica, Civil y Bioquímica y en el cuarto semestre se repite Civil, Arquitectura y Administración.

En la tabla 2 se presentan los datos de promedio de calificación, eficiencia y porcentaje de deserción de todos los semestres.

Tabla 2. Indicadores de promedio de calificación, eficiencia y porcentaje de deserción por semestre de estudiantes que cursaron propedéutico e ingresaron al ITD en el semestre enero- junio 2022 por carrera.

| | Primer semestre | | Segundo semestre | | | Tercer semestre | | | Cuarto semestre | | |
|----------------|-----------------|------|------------------|------|-------|-----------------|------|-------|-----------------|------|-------|
| | * | ** | * | ** | *** | * | ** | *** | * | ** | *** |
| Administración | 64.27 | 0.76 | 77.69 | 0.86 | 5.88 | 75.06 | 0.83 | 0.00 | 77.54 | 0.87 | 12.50 |
| Arquitectura | 64.58 | 0.75 | 66.78 | 0.78 | 17.95 | 60.55 | 0.73 | 5.13 | 72.89 | 0.87 | 12.82 |
| Bioquímica | 67.69 | 0.79 | 58.43 | 0.72 | 6.66 | 76.30 | 0.88 | 7.14 | 76.30 | 0.88 | 0.00 |
| Civil | 70.05 | 0.84 | 46.03 | 0.60 | 0.00 | 57.54 | 0.70 | 7.69 | 60.63 | 0.76 | 16.67 |
| Mecatrónica | 73.59 | 0.85 | 55.85 | 0.69 | 20.00 | 71.92 | 0.83 | 20.00 | 75.70 | 0.92 | 0.00 |
| Química | 59.71 | 0.72 | 54.13 | 0.67 | 6.25 | 52.31 | 0.65 | 0.00 | 50.52 | 0.62 | 0.00 |
| Sistemas | 79.79 | 0.89 | 67.57 | 0.78 | 0.00 | 65.57 | 0.79 | 3.57 | 61.68 | 0.74 | 11.11 |
| Gestión | 81.22 | 0.93 | 69.70 | 0.83 | 14.28 | 85.95 | 0.96 | 0.00 | 72.39 | 0.83 | 0.00 |

Fuente: elaboración propia.

* P=Promedio

** E= Eficiencia

*** D=Deserción

Análisis inferencial

Debido a que los datos contenidos se agruparon en semestres y carreras se aplica la prueba paramétrica ANOVA para evaluar la varianza dentro y entre los grupos al descomponer la variabilidad total en la variabilidad “dentro de los grupos” (que mide cuánto varían los valores dentro de un mismo grupo) y la variabilidad entre los grupos (que mide la diferencia entre las medias de los grupos). Si la variabilidad entre grupos es mucho mayor que la variabilidad dentro de los grupos, es probable que haya diferencias significativas entre las medias de los grupos. La prueba ANOVA se efectuó de una vía ya que se comparan los promedios de calificaciones entre grupos de carreras, encontrando

que existen diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de las calificaciones de al menos un grupo en comparación con los otros grupos en los cuatro semestres analizados. La tabla 3 muestra el análisis ANOVA de una vía del promedio de calificaciones de las carreras por semestre, indicando los grados de libertad que son un valor que refleja cuántos valores en los cálculos son libres de variar entre grupos y dentro de grupos, el valor F que es una razón o cociente que se calcula dividiendo la varianza entre los grupos por la varianza dentro de los grupos (o el error) y la sig., que es el valor p asociado con el valor F.

Tabla 3. ANOVA Unidireccional Promedio de calificaciones de las carreras por semestre.

| Semestre | | gl* | Media cuadrática | F** | Sig.*** |
|----------|-----------------|-----|------------------|-------|---------|
| 1 | Entre grupos | 7 | 1102.684 | 2.473 | 0.02 |
| | Dentro de grupo | 150 | 445.805 | | |
| 2 | Entre grupos | 7 | 1929.814 | 2.877 | 0.008 |
| | Dentro de grupo | 138 | 670.748 | | |
| 3 | Entre grupos | 7 | 1513.813 | 2.661 | 0.13 |
| | Dentro de grupo | 130 | 568.993 | | |
| 4 | Entre grupos | 7 | 1675.817 | 3.767 | 0.01 |
| | Dentro de grupo | 115 | 44.867 | | |

Fuente: elaboración propia.

*gl grados de libertad entre grupos

**F Estadístico de Fisher

***Sig. Significancia o valor p

Posteriormente se aplica la prueba Kruskal-Wallis para observar la relación que existe entre los grupos analizados específicamente entre las carreras y obtener una evaluación más robusta y confiable de las diferencias estadísticamente significativas encontradas con la prueba anterior, hallando que efectivamente existen diferencias estadísticamente significativas entre las calificaciones promedio de los semestres entre las distintas carreras. La tabla 4 muestra la hipótesis nula del promedio de calificaciones del semestre en todas las carreras y el valor de significancia de cada una de ellas. Este análisis sugiere que las carreras influyen en los promedios de calificaciones.

Tabla 4. Hipótesis prueba Kruskal-Wallis promedio por semestre.

| Hipótesis nula | Sig. |
|--|-------|
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 1 es igual en todas las carreras | 0.008 |
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 2 es igual en todas las carreras | 0.001 |
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 3 es igual en todas las carreras | 0.004 |
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 4 es igual en todas las carreras | 0.001 |

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el comparativo con la prueba Kruskal Wallis por parejas de carrera se comprueba la hipótesis alterna de las distribuciones en los promedios de los estudiantes de la carrera 1 y la carrera 2 que la cursaron en el primer semestre, donde estadísticamente existen diferencias significativas entre las muestras con una significancia que se visualiza en la tabla 5.

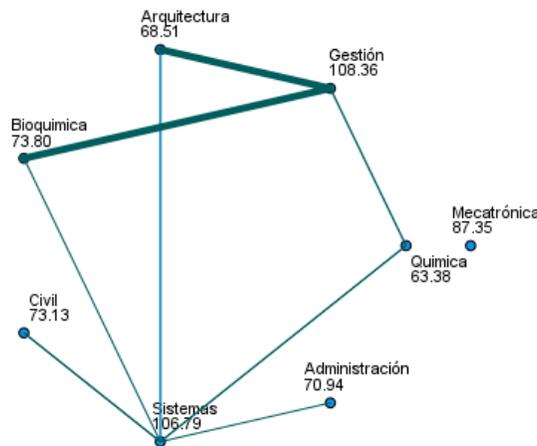
Tabla 5. Cotejos por parejas de carrera en la que se comprueba la hipótesis nula de las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son diferentes del semestre 1.

| Hipótesis nula | Muestra 1 | Muestra 2 | Sig. |
|--|----------------|---------------------|--------|
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 1 es igual en la carrera de la muestra 1 que en la carrera de la muestra 2 | Química | Sistemas | 0.002 |
| | Química | Gestión Empresarial | 0.03 |
| | Arquitectura | Sistemas | <0.001 |
| | Arquitectura | Gestión Empresarial | 0.034 |
| | Administración | Sistemas | 0.010 |
| | Civil | Sistemas | 0.006 |
| | Bioquímica | Sistemas | 0.023 |

Fuente: elaboración propia.

Las comparaciones por pares de diferentes carreras en los promedios obtenidos de los estudiantes que cursan el primer semestre se representan visualmente en la figura 1, donde se pueden observar los nodos que representan el rango promedio de la muestra para cada carrera, lo que señala la distribución de las calificaciones de los estudiantes en cada carrera, el número junto a cada nodo representa el rango promedio de los estudiantes en esa carrera, es decir Gestión tiene un rango promedio de 108.36, lo que indica que es el más alto entre las carreras comparadas. Las líneas que conectan las diferentes carreras representan las comparaciones que se efectuaron entre ellas. El grosor de las líneas está relacionado con la magnitud de la diferencia entre los rangos. Se puede visualizar en la figura que la carrera de Sistemas tiene un rango promedio elevado de 106.79, lo que indica que los estudiantes en esta carrera tienden a tener puntuaciones más altas en primer semestre en comparación con otras carreras como Química donde se obtiene un rango de 63.38 y Arquitectura con un rango de 68.51. En el caso de Química se tiene un rango de 63.38 el más bajo, lo que indica que los estudiantes que la cursan en el primer semestre obtienen las calificaciones más bajas en comparación con otras carreras. El diagrama muestra que la carrera de Sistemas es la que presenta diferencia en promedio con mayor número de carreras siendo un total de cinco, mientras que las demás muestran diferencias con una o dos carreras.

Figura 1. Comparaciones por parejas de carreras en los promedios de los estudiantes que cursan el primer semestre.



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el comparativo con la prueba Kruskal Wallis por parejas de carrera se comprueba la hipótesis nula de las distribuciones en los promedios de los estudiantes de la carrera 1 y la carrera 2 que la cursaron en el segundo semestre, donde estadísticamente existen diferencias significativas entre las muestras con una significancia que se visualiza en la tabla 6.

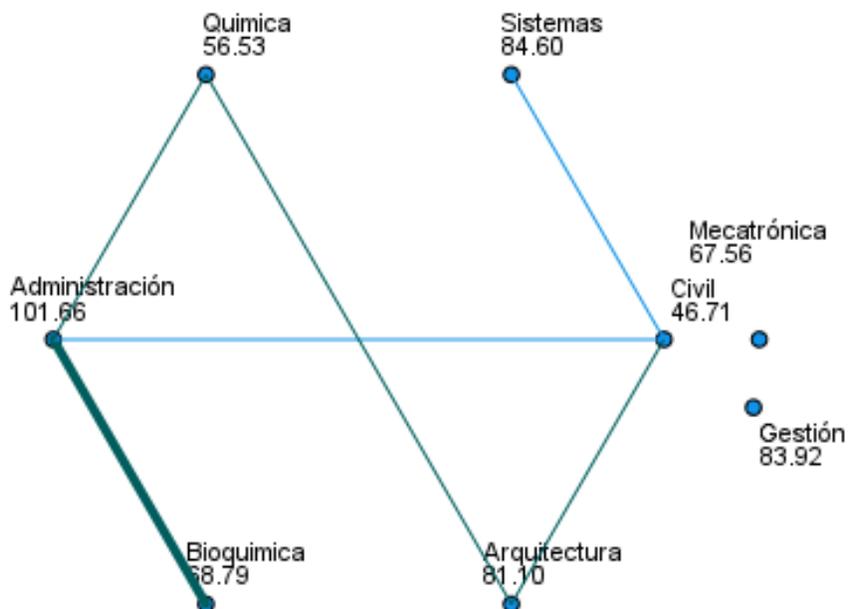
Tabla 6. Comparativo por parejas de las carreras en las que se comprueba la hipótesis alterna de las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son diferentes del semestre 2.

| Hipótesis nula | Muestra 1 | Muestra 2 | Sig. |
|--|------------|----------------|--------|
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 2 es igual en la carrera de la muestra 1 que en la carrera de la muestra 2 | Civil | Arquitectura | 0.002 |
| | Civil | Sistemas | <0.001 |
| | Civil | Administración | <0.001 |
| | Química | Sistemas | 0.037 |
| | Química | Administración | 0.003 |
| | Bioquímica | Administración | 0.034 |

Fuente: elaboración propia.

Al comparar visualmente los promedios obtenidos de los estudiantes que cursan el segundo semestre a través de la prueba Kruskal Wallis se obtiene que la carrera de Administración es la que muestra un rango promedio más alto comparativamente con las otras carreras, Química muestra un comportamiento similar al del primer semestre, es la carrera con un rango promedio bajo de 53.53, lo que indica que en comparación con las demás carreras, los estudiantes que la cursan en el segundo semestre obtienen las calificaciones más bajas. En este semestre la carrera con el rango promedio más bajo en comparación todas las demás es Civil (46.71). El diagrama muestra (figura 2) la estandarización en los rangos de los promedios comparado con el semestre 1 siendo Administración y Civil las que muestran diferencias en promedio con tres carreras cada una.

Figura 2. Comparaciones por parejas de carreras en los promedios de los estudiantes que cursan el segundo semestre.



Fuente: elaboración propia.

El comparativo por carreras del semestre 3 a través de la prueba Kruskal Wallis se puede observar en la tabla 7 donde se comprueba la hipótesis nula donde el promedio de calificación del semestre 3 es diferente en las carreras de la muestra 1 comparativamente con la carrera de la muestra 2, al obtener un valor a p menor a 0.050.

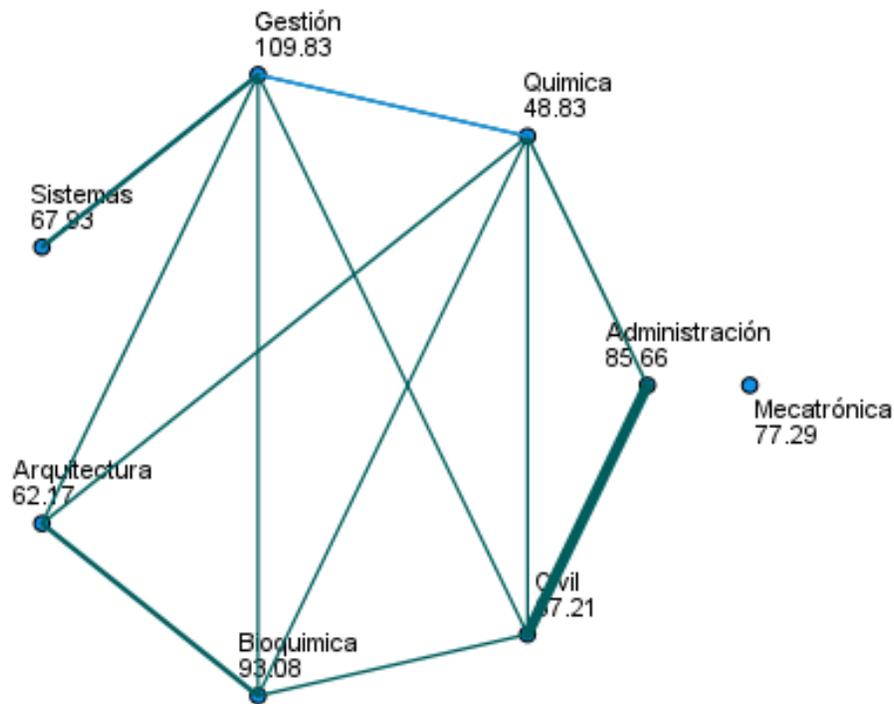
Tabla 7. Comparativo por parejas de las carreras en las que se comprueba la hipótesis alterna de las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son diferentes del semestre 3.

| Hipótesis nula | Muestra 1 | Muestra 2 | Sig. |
|--|------------------|----------------|-------|
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 3 es igual en la carrera de la muestra 1 que en la carrera de la muestra 2 | Química | Administración | 0.010 |
| | Química | Bioquímica | 0.003 |
| | Química | Gestión | 0.002 |
| | Civil | Administración | 0.027 |
| | Civil | Bioquímica | 0.009 |
| | Civil | Gestión | 0.004 |
| | Arquitectura | Bioquímica | 0.021 |
| | Arquitectura | Gestión | 0.008 |
| | Sistemas Gestión | | 0.020 |

Fuente: elaboración propia.

En la visualización de la figura 3 se puede observar que la carrera que obtiene un rango promedio menor a todas las demás es Química con 48.83, siguiendo Civil con 57.21, en cambio las carreras con rango promedio mayor son Gestión con 109.83 y Bioquímica con 93.08. El diagrama muestra que Gestión y Química existen diferencias con mayor número de carreras (cinco).

Figura 3. Comparaciones por parejas de carreras en los promedios de los estudiantes que cursan el tercer semestre.



Fuente: elaboración propia.

En cuarto semestre al efectuar la prueba de hipótesis con la prueba Kruskal Wallis se comprueba la hipótesis nula de las diferencias en el promedio de calificaciones de la muestra 1 con respecto a la muestra 2, la que se observa en la tabla 8.

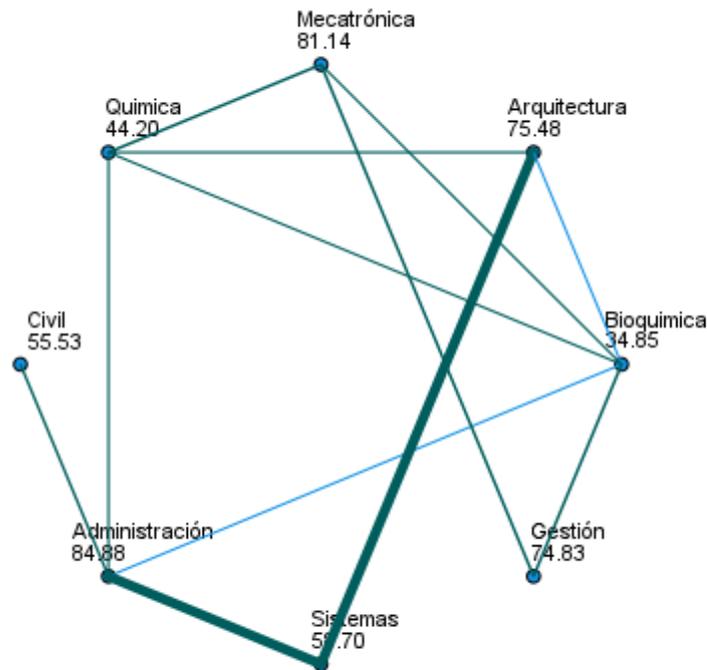
Tabla 8. Comparativo por parejas de las carreras en las que se comprueba la hipótesis nula de las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son diferentes del semestre 4.

| Hipótesis nula | Muestra 1 | Muestra 2 | Sig. |
|--|------------|----------------|-------|
| H ₀ : El promedio de calificaciones del semestre 4 es igual en la carrera de la muestra 1 que en la carrera de la muestra 2 | Bioquímica | Arquitectura | 0.004 |
| | Bioquímica | Administración | 0.009 |
| | Bioquímica | Mecatrónica | 0.009 |
| | Química | Arquitectura | 0.009 |
| | Química | Administración | 0.019 |
| | Química | Mecatrónica | 0.017 |

Fuente: elaboración propia.

En el comparativo visual figura 4 del promedio obtenidos de los estudiantes que cursan las diferentes carreras, se observa que Bioquímica presenta el rango más bajo por lo tanto muestra una diferencia con cinco diferentes carreras.

Figura 4. Comparaciones por parejas de carreras en los promedios de los estudiantes que cursan el cuarto semestre.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El estudio sobre el rendimiento y deserción de los estudiantes que cursaron el propedéutico y entraron a primer semestre en enero- junio del 2022, al Instituto Tecnológico de Durango ha mostrado un impacto positivo en el rendimiento académico durante los primeros semestres universitarios. La metodología, basada en herramientas estadísticas no paramétricas, permitió analizar las diferencias entre los estudiantes de las diferentes carreras que ingresaron en enero de 2022 tras cursar el propedéutico. Aquellos estudiantes que cursaron el propedéutico presentaron mejores promedios semestrales y un mayor porcentaje de materias aprobadas. Los objetivos de la investigación tuvieron un alcance importante, destacando principalmente a la carrera de Gestión

Empresarial con los promedios más altos en el primero (81.22) y tercer semestre (85.95), así como también a las mayores eficiencias en esos mismos semestres (0.93 y 0.96, respectivamente), en cuanto a la carrera de Química se observaron los promedios más bajos en comparación con las otras carreras en los cuatro semestres analizados. El mayor índice de deserción se presenta en Mecatrónica, con un 20% en el segundo y tercer semestre, y en Civil, con un 16,67% en el cuarto semestre. Química, civil y arquitectura son las especialidades que presentan mayor número de diferencias en cuanto a promedios con las demás carreras. Sin embargo, la investigación se centra en una muestra específica, lo que sugiere la necesidad de ampliar su alcance en futuros estudios. Entre las principales dificultades se encuentran la heterogeneidad de las muestras y factores externos, como el contexto socioeconómico. El propedéutico no solo niveló los conocimientos académicos de los estudiantes en áreas clave como matemáticas y ciencias, sino que también sirvió como una estrategia de adaptación para el entorno universitario. Esta preparación inicial parece mejorar la capacidad de los estudiantes para manejar las exigencias académicas y, en consecuencia, aumenta su éxito durante los primeros semestres. Por lo tanto, la obligatoriedad del curso para todos los estudiantes, independientemente de su rendimiento en el examen de selección, debería considerarse como una medida para garantizar una base homogénea de habilidades y conocimientos.

Ya que, en el estudio, el rendimiento de estudiantes escolarizados que cursaron y no cursaron propedéutico. Demuestra que el propedéutico influye positivamente en el rendimiento académico y la reducción de la deserción (González y Galván, 2023). Para futuras investigaciones se recomienda realizar un seguimiento a largo plazo que analice el desempeño de los estudiantes más allá de los primeros semestres. Además, es necesario explorar cómo la implementación de programas de tutoría, acompañamiento académico y apoyo psicológico puede potenciar los efectos positivos del curso propedéutico y mejorar aún más la experiencia estudiantil en la universidad ya que los factores motivacionales y socioeconómicos.

REFERENCIAS

- Backhoff, E., Bouzas, A., Hernández, G., y García, E. (2007). El rendimiento académico en la educación superior. Instituto nacional de evaluación educativa.
- González Serrano, O. (1993). Una Alternativa para Elevar el Rendimiento en el Aprendizaje de la Matemática en el Instituto Tecnológico de Durango. UBAMARI, X (30), (pp. 42-56).
- González, L.L., y Galván, I.M. (2023). El rendimiento de estudiantes escolarizados que cursaron y no propedéutico. Los andamiajes de la innovación social y educativa hacia el desarrollo regional, la sostenibilidad y equidad (pp. 219-235). Xalapa, Veracruz, México: Red Iberoamericana de academias.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación (6a ed.). México: McGraw-Hill.
- Huerta, T., Fuenlabrada., y Torres (2017). La deserción escolar. Una prioridad para la educación a distancia en el IPN. Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia, 194-201.
- IBM. (2019). SPSS Statistics. <https://www.ibm.com/mx-es/products/spss-statistics>
- Minitab. (7 de abril de 2020). Minitab Statistical Software. Obtenido de <https://acortar.link/GpWfxQ>
- Real Academia Española. (2023). Diccionario de la lengua española. Obtenido de 23a ed., [versión 23.6 en línea]: <https://dle.rae.es/>
- Rochin, Berumen. F. L. (2021). Deserción escolar en la educación superior en México: revisión de literatura. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 11(22), 01-12.
- Seminara, M. P. (2020). La deserción universitaria: Resiliencia como posibilidad de logro. Revista digital universitaria, 1-11.
- Silva, L. (2011). El primer año universitario: Un tramo crítico para el éxito académico. Perfiles educativos, 102-114.

INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL INCLUSIVO

INTRODUCCIÓN

El desarrollo empresarial en el siglo XXI enfrenta el reto de adaptarse a un entorno altamente competitivo y cada vez más digitalizado. En este contexto, el eje temático “Innovación para el desarrollo empresarial inclusivo”, presentado en el libro Innovación social inclusiva, propone una visión integradora donde la optimización y adopción de tecnologías modernas no solo impulsen la productividad, sino que también promuevan un enfoque inclusivo que favorezca a todos los actores dentro del ecosistema empresarial, desde grandes industrias hasta las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MIPYMES).

Este eje temático se estructura en tres capítulos que abordan aspectos fundamentales de la innovación. En primer lugar, se analiza la optimización de las líneas de producción mediante la reducción de tiempos muertos, resaltando la importancia de la mejora continua, la colaboración del personal y el monitoreo permanente de los procesos productivos para aumentar la competitividad. A continuación, se examina la situación particular de las MIPYMES del sector mueblero de Durango, señalando cómo la innovación puede ser una herramienta clave para superar las dificultades financieras y productivas que enfrentan. Finalmente, se explora la incorporación de tecnologías avanzadas de la Industria 4.0, como los vehículos guiados automatizados, y su impacto en los flujos productivos, la logística y la seguridad laboral.

De esta manera, la innovación se plantea no solo como un motor de eficiencia, sino como un mecanismo que debe ser accesible para todos los niveles empresariales, fomentando un desarrollo inclusivo que permita a pequeños y grandes actores adaptarse a las demandas de un mundo cada vez más tecnológico.

OPTIMIZACIÓN DE FLUJOS PRODUCTIVOS Y LA INTEGRACIÓN DE VEHÍCULOS GUÍADOS AUTOMATIZADOS EN LA INDUSTRIA 4.0

Luis Alejandro Ruiz Soto

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / alexruiz@itdurango.edu.mx

Diana Laura Hernández Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / 18540163@itdurango.edu.mx

Isidro Amaro Rodríguez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / iamaro@itdurango.edu.mx

Israel Ivan Gutiérrez Muñoz

Universidad Tecnológica de Durango / israel.gutierrez@utd.edu.mx

RESÚMEN

Este capítulo explora el impacto de los Vehículos Guiados Automatizados (AGV) en la eficiencia operativa de las empresas, destacando su papel crucial en la Industria 4.0. Se analiza cómo la implementación de AGV puede reducir desperdicios y mejorar los flujos de trabajo al minimizar tiempos y movimientos innecesarios. Los AGV, como el MiR100 implementado en Leoni, optimizan los flujos de trabajo, liberando al personal de tareas repetitivas y mejorando la eficiencia en la entrega de materiales. Su capacidad de intercambio de información con sistemas de gestión permite una mejor toma de decisiones y un aumento en la productividad. Además, se examina la interacción entre estos vehículos y los sistemas de gestión, así como la importancia de la formación y asignación adecuada del personal para asegurar una integración efectiva. También se discuten los desafíos asociados con la adopción de AGV, incluyendo la necesidad de equilibrar la tecnología con la gestión humana y los valores corporativos. La experiencia de Leoni, un proveedor global de soluciones de cableado ilustra cómo la automatización contribuye a la innovación y la competitividad, mostrando que la incorporación de AGV puede ser clave para el crecimiento y desarrollo en un entorno industrial en constante evolución.

Palabras claves: Industria 4.0, AVG, Automatización.

ABSTRACT

This chapter explores the impact of Automated Guided Vehicles (AGVs) on the operational efficiency of companies, highlighting their crucial role in Industry 4.0. It analyses how the implementation of AGVs can reduce waste and improve workflows by minimising unnecessary time and movements. AGVs, such as the MiR100 deployed at Leoni, optimise workflows, freeing staff from repetitive tasks and improving efficiency in the delivery of materials. Their ability to exchange information with management systems enables better decision-making and increased productivity. Furthermore, the interaction between these vehicles and management systems is examined, as well as the importance of proper staff training and allocation to ensure effective integration. The challenges

associated with the adoption of AGVs are also discussed, including the need to balance technology with human management and corporate values. The experience of Leoni, a global provider of wiring solutions, illustrates how automation contributes to innovation and competitiveness, showing that the incorporation of AGVs can be key to growth and development in a constantly evolving industrial environment.

Keywords: Industry 4.0, AVG, Automation.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el trabajo de Pérez (2020), la Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, representa un cambio paradigmático en la organización y producción industrial, impulsado por la integración de nuevas tecnologías digitales. Este modelo innovador, facilitado por la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT) y las tecnologías de la información y comunicación (TIC), permite la creación de productos con mayor eficacia y eficiencia, eliminando las barreras entre lo físico y lo digital. Sin embargo, esta revolución tecnológica plantea importantes interrogantes sobre su impacto en la vida de las personas y la necesidad de que los Estados se preparen para enfrentar tanto los efectos positivos como negativos en los ámbitos laboral, económico, social, político y cultural. La implementación de estas tecnologías ha abierto la puerta a nuevas profesiones y trabajos antes impensables, generando incertidumbre sobre el futuro del empleo y el rol del Estado en la protección de los trabajadores y la seguridad social.

La Industria 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías digitales en los procesos de manufactura, ha impulsado la búsqueda de soluciones innovadoras para optimizar los flujos productivos. En este contexto, los Vehículos Guiados Automatizados (AGV) se han consolidado como una herramienta clave para la automatización del transporte de materiales, liberando al personal de tareas repetitivas y mejorando la eficiencia en la entrega de insumos.

El concepto de eficiencia ha sido un eje central en diversas disciplinas. Según Fernández y Sánchez (1997), se define como la “capacidad o cualidad de un sistema o sujeto económico para cumplir un objetivo determinado minimizando el uso de recursos”. Por su parte, la Real Academia Española (RAE, 2001) la describe como la “capacidad de disponer de alguien o algo para lograr un efecto determinado”. En el ámbito empresarial, esto se traduce en alcanzar objetivos con el menor consumo posible de recursos, como tiempo, energía o materiales, lo que garantiza la sostenibilidad y competitividad de la organización. Este principio resulta crucial en los sistemas productivos, ya que asegura operaciones efectivas, rentables y sostenibles a largo plazo.

Este capítulo analiza la implementación de un sistema de AGV en Leoni Wiring Systems de Durango S.A. de C.V., proveedor global de soluciones de cableado para la industria automotriz. A través de este caso de estudio, se examinan las ventajas, desafíos y mejores prácticas para integrar esta tecnología dentro del marco de la Industria 4.0. El objetivo principal fue unificar equipos y tecnologías a lo largo de los procesos productivos, automatizando tareas simples y repetitivas. Esto permitió establecer un sistema eficiente de abastecimiento de materiales para las líneas de producción, optimizando los flujos de trabajo y mejorando la eficiencia operativa de la planta.

Los AGV son vehículos autónomos diseñados para transportar mercancías dentro de almacenes. Funcionan de manera similar a las carretillas elevadoras, pero cuentan con la capacidad de desplazarse de forma independiente por trayectorias predefinidas. Esta tecnología, como señala Luzuriaga, Vergana, Guanin y Toalombo (2022), se asocia a sistemas de fabricación flexibles y reconfigurables, ofreciendo ventajas como la adaptación a cambios en el diseño de las instalaciones y la integración con otros sistemas automatizados. Además, mejoran la fluidez de los procesos logísticos al optimizar el flujo de productos.

La implementación de AGV en Leoni Wiring Systems trajo beneficios significativos:

- Optimización del tiempo de transporte de materiales.
- Reducción de tiempos de espera.
- Incremento en la precisión y consistencia de las entregas.
- Mejora de la eficiencia operativa, alineándose con estrategias de minimización de costos operativos y sostenibilidad.

No obstante, también se enfrentaron retos técnicos, como problemas en el diseño de trayectorias, incompatibilidades con la infraestructura existente y limitaciones en la capacidad de los vehículos para adaptarse a altos flujos de tráfico en horarios pico. Según Drira, Pierreval y Hajri-Gabouj (2007), el diseño eficiente de trayectorias es crucial para evitar colisiones, optimizar el tránsito interno y garantizar la integridad tanto del sistema como del personal.

Otros aspectos relevantes incluyen:

- Tipo y cantidad de materiales a transportar, considerando el peso máximo que puede soportar el AGV sin comprometer su estabilidad.
- Sistemas de seguridad para prevenir accidentes y daños al equipo.
- Capacitación del personal para una correcta interacción con los AGV y respuesta adecuada ante emergencias.

De acuerdo con Acosta (2023), los robots móviles autónomos, como los AGV, pueden realizar tareas repetitivas y de relativa complejidad, disminuyendo tiempos de operación y reduciendo riesgos laborales. A medida que la tecnología avanza, surgen nuevas oportunidades para mejorar aún más los flujos de transporte y los procesos logísticos, como mencionan Moreno y Muñoz (2019).

La adopción de tecnologías de automatización, junto con enfoques de producción ajustada, es uno de los motores principales de la Industria 4.0. Este paradigma, habilitado por tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT) y la robótica, está transformando la manufactura al integrar lo físico y lo digital, reduciendo errores y optimizando recursos mediante sistemas interconectados (Ynzunza, Izar, Bocarando, Aguilar y Larios, 2017).

En base a esto, las empresas deciden embarcarse en la automatización de sus procesos por lo que los avances tecnológicos le permiten que un almacén completo de grandes dimensiones funcione de manera autónoma y, los AGV son grandes aliados para la optimización de los flujos internos de materiales. Su instalación es sencilla y, lo más interesante, se integran a la perfección en soluciones intralogísticas diseñadas a la medida de cada empresa. Además, gracias a sus sistemas de guiado y de seguridad integrados y con una buena programación, comparten sin riesgos el espacio de trabajo con los humanos, lo que hace posible una colaboración eficaz entre personas y máquinas agregándole valor a la empresa en base a nuevas tecnologías y automatizaciones (Ares, 2022).

En resumen, la implementación de AGV en el contexto de la Industria 4.0 representa una herramienta estratégica para optimizar los flujos productivos, mejorar la flexibilidad operativa y posicionar a las empresas a la vanguardia tecnológica de la manufactura moderna.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

El presente análisis empírico se basó en un diseño metodológico con un enfoque descriptivo y una valoración crítica de los resultados obtenidos, especialmente en cuanto a la eficiencia en las líneas de producción de la empresa. Este estudio se caracteriza como una investigación aplicada, dado que busca resolver problemas específicos mediante la implementación de tecnologías avanzadas, como los Vehículos Guiados Automatizados (AGV), dentro del contexto de la Industria 4.0. Asimismo, el enfoque es cualitativo-cuantitativo, ya que combina el análisis de datos numéricos con una interpretación detallada de los procesos y percepciones.

También combina un enfoque descriptivo-exploratorio, diseñado para evaluar tanto la situación inicial de los procesos productivos como el impacto de la implementación de los AGV. Este análisis metodológico integra los principios de la Manufactura Esbelta con un modelo de mejora continua

basado en el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), una herramienta clave en la optimización de procesos industriales.

La metodología PDCA se clasifica como una estrategia cualitativa de tipo ordinal, ya que sus modalidades no son numéricas, pero presentan un orden jerárquico. Como menciona Gutiérrez (2014), el Ciclo Deming, también conocido como PDCA o PHVA, permite una mejora constante a través de un proceso secuencial que identifica áreas problemáticas, ejecuta acciones correctivas y evalúa su efectividad. Además, esta metodología estructurada previene la repetición de errores y fomenta la eficiencia en las operaciones (SafetyCulture, 2024).

El ciclo PDCA incluye las siguientes dimensiones clave que son las fases de la metodología:

- **Planificar:** En esta fase se definen los objetivos de la implementación, se identifican los recursos necesarios (como el tipo de AGV, el diseño de racks, el software de programación y el personal capacitado) y se planifica la integración del sistema AGV con los procesos de producción existentes.
- **Hacer:** Se procede a la implementación del sistema AGV, incluyendo la instalación de la infraestructura necesaria, la configuración y programación de los robots, la capacitación del personal y el establecimiento de protocolos de seguridad.
- **Verificar:** Se monitorea el desempeño del sistema, se registran los datos relevantes (como la eficiencia, la productividad y la seguridad) y se evalúan los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados.
- **Actuar:** Se realizan los ajustes necesarios en el sistema, se implementan mejoras para optimizar su funcionamiento y se documentan las lecciones aprendidas para futuras implementaciones. Estas dimensiones fueron analizadas mediante encuestas aplicadas a los participantes, utilizando una escala ordinal de tres niveles (mala, regular y buena), que permitió evaluar la percepción del rendimiento de los procesos antes y después de la implementación del AGV.

Dentro de la investigación se usaron diferentes herramientas y técnicas destacando:

- **Diagrama de Flujo:** Para visualizar el proceso de implementación y las diferentes etapas.
- **Bitácora de Comportamiento del AGV:** Para registrar las observaciones, los problemas encontrados y las recomendaciones para la mejora del sistema.
- **Estudio de Tiempos:** Para determinar la eficiencia del AGV en la realización de las tareas asignadas.
- **Diseño de Racks Personalizados:** Utilizando software de diseño como SolidWorks, se diseñan racks específicos para el transporte de materiales con el AGV.
- **Ayudas Visuales:** Se implementan señales, marcas y delimitaciones de áreas para facilitar la interacción entre el personal y los AGV, garantizando la seguridad en el entorno de trabajo.

La metodología utilizada, basada en la Manufactura Esbelta y el ciclo PDCA, se caracteriza por su flexibilidad y adaptabilidad, haciendo que la metodología sea iterativa, lo que significa que el proceso de planificación, implementación, verificación y actuación se repite continuamente para optimizar el sistema de AGV.

Hipótesis de la Investigación

Para fortalecer la estructura del estudio sobre la implementación de AGV's en la empresa Leoni Wiring Systems de Durango S.A. de C.V., se propuso la siguiente hipótesis: "La implementación de un sistema de Vehículos Guiados Automatizados (AGV), basado en una metodología PDCA, incrementará significativamente la eficiencia operativa, la productividad y la seguridad en los procesos de abastecimiento de materiales dentro de la empresa, contribuyendo a la optimización de los flujos productivos y a la reducción de costos operativos."

Desarrollo de la Metodología

Como primera instancia, se realizó una investigación exhaustiva sobre los AGV y su funcionalidad dentro del contexto empresarial. Este análisis incluyó una evaluación de la situación actual, donde el transporte de materiales estaba a cargo de operadores que empujaban manualmente contenedores

de gran peso. Este método no solo generaba esfuerzos físicos significativos y movimientos repetitivos, sino que también representaba ineficiencias operativas y riesgos ergonómicos para el personal. Una vez analizada la situación actual, se diseñó e implementó una ruta específica para los AGV, definiendo estaciones, tipos de materiales transportados y líneas de producción abastecidas. Este proceso se acompañó de un estudio de tiempos y la creación de una bitácora para monitorear el desempeño del AGV, evaluando tanto su productividad como su impacto en la seguridad. Este enfoque permitió identificar posibles mejoras para optimizar el sistema.

Además, se desarrollaron señalizaciones y ayudas visuales para garantizar que todo el personal supiera cómo actuar en caso de emergencias relacionadas con el AGV. Se estableció también un programa de capacitación para nuevos empleados, asegurando que estuvieran familiarizados con el funcionamiento del sistema durante su proceso de entrenamiento.

Si hizo uso de diferentes métodos y herramientas para la recolección de datos como el estudio de tiempos, la bitácora de comportamiento AGV, los datos de producción y el uso de los registros de costos.

Con esta metodología, se realizó la validación de la hipótesis inicial, destacando las ventajas de integrar tecnologías automatizadas en los procesos productivos y su alineación con los principios de la Industria 4.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

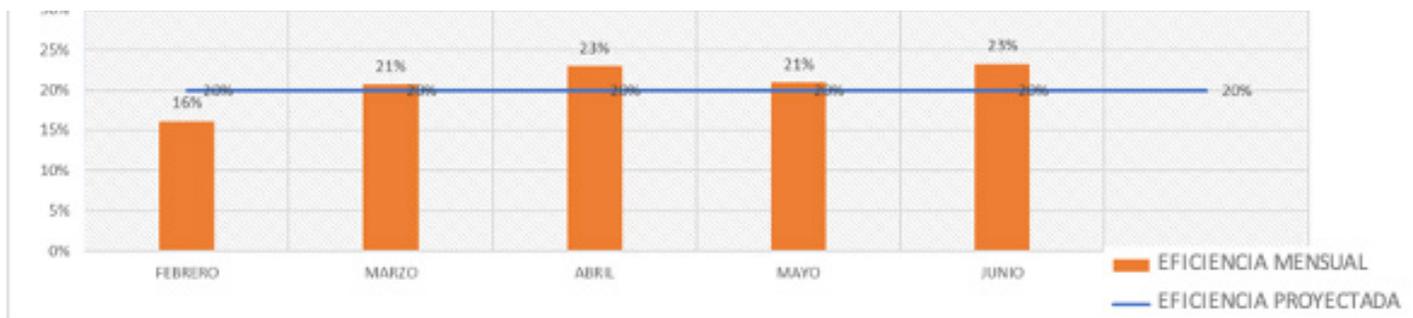
A continuación, se analizan los resultados de la investigación en relación con la hipótesis de que esta implementación mejorará significativamente la eficiencia operativa, la productividad, la seguridad y la optimización de los flujos de producción, además de reducir los costos operativos.

Eficiencia Operativa y Productividad:

- Evidencia de Mejora: La figura 1, titulada “Eficiencia mensual con la implementación del AGV,” ilustra un incremento en la eficiencia a lo largo de los meses. Esto sugiere que la introducción del AGV tiene un impacto positivo en la eficiencia de las operaciones.
- Falta de Cuantificación: Se tiene una tendencia positiva mostrada en la figura 1, aunque no se pudieron conseguir los datos de años anteriores para poder hacer una comparación más adecuada. Se puede inferir que se alcanzó una mejora “significativa”, entre el antes y después de la implementación del AGV.
- Optimización de Flujos: La descripción del proyecto y las observaciones en las bitácoras señalan que la implementación del AGV buscó optimizar las rutas de abastecimiento de materiales, eliminando movimientos innecesarios y reduciendo el tiempo de transporte. Esto apunta a una potencial mejora en los flujos productivos.

La empresa calcula diariamente la eficiencia la cual se calcula mediante las piezas producidas multiplicado por el tiempo de producción y el resultado dividido entre el tiempo real. Por lo que la valoración crítica de resultados enfocados con la eficiencia obtenida en las líneas de producción de la empresa se obtiene de la mano con las líneas de producción final, sin embargo, se realizó un promedio mensual figura de la eficiencia obtenida de los meses de febrero a junio del año en curso.

Figura 1. Eficiencia mensual con la implementación del AGV



Fuente. Elaboración propia

Seguridad:

- **Medidas de Seguridad:** Se logró la implementación de medidas de seguridad para prevenir accidentes, incluyendo:
 - o **Sensores de Seguridad:** El AGV MiR100 cuenta con escáneres láser y cámaras 3D para detectar obstáculos y personas en su entorno.
 - o **Paro de Emergencia:** Se destaca la importancia del botón de paro de emergencia para detener el AGV en situaciones de riesgo.
 - o **Ayudas Visuales:** Se implementaron ayudas visuales para delimitar las áreas de operación del AGV y alertar al personal sobre su presencia.
 - o **Capacitación:** Se realiza la capacitación del personal en la operación y seguridad del sistema de AGVs.
- **Evidencia en la Bitácora:** La bitácora registra observaciones sobre la seguridad, como la necesidad de mantener las áreas de trabajo despejadas para evitar obstrucciones al AGV y la importancia de instruir a los operadores sobre cómo interactuar con el robot de forma segura.

CONCLUSIONES

Aunque la investigación no ofrece resultados concluyentes que permitan validar completamente la hipótesis planteada, sí proporciona evidencia significativa de mejoras en la eficiencia operativa, la seguridad y la optimización de los flujos de producción tras la implementación del sistema AGV. Sin embargo, la falta de datos cuantitativos históricos sobre eficiencia y costos operativos limita la capacidad de determinar con precisión la magnitud del impacto obtenido. Esta limitación se debe, en parte, a la ausencia de registros numéricos en años previos dentro de la empresa.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Para superar estas limitaciones y profundizar en la evaluación del impacto de los AGV en los procesos productivos, se sugieren las siguientes acciones:

- **Cuantificar la eficiencia:** Realizar mediciones comparativas del desempeño en los procesos de abastecimiento de materiales antes y después de la implementación del AGV, utilizando métricas específicas como tiempo de ciclo, productividad y reducción de errores.
- **Analizar los costos operativos:** Registrar y comparar los costos operativos asociados al sistema, considerando aspectos como el consumo energético, el mantenimiento del AGV y las adaptaciones necesarias en la infraestructura.
- **Evaluar la seguridad a largo plazo:** Monitorear el desempeño del sistema durante un período prolongado, registrando cualquier incidente de seguridad y evaluando la efectividad de las medidas preventivas implementadas.
- **Abordar estos aspectos** permitirá que investigaciones futuras ofrezcan una evaluación más completa del impacto de los sistemas AGV, particularmente en el caso de Leoni Wiring Systems.

Durante la implementación, se identificaron varios obstáculos que dificultaron el desempeño autónomo del AGV. Entre ellos destacan problemas como el suministro insuficiente de materiales transportados, la inestabilidad en la conexión a internet y el mal funcionamiento de sensores debido a la acumulación de polvo. Estas limitaciones resaltan la importancia de prever contingencias técnicas y logísticas antes de adoptar este tipo de tecnologías.

Asimismo, se subraya la necesidad de implementar ayudas visuales y programas de capacitación para garantizar la interacción segura y eficiente entre los operadores y los AGV. Es crucial que el personal asignado al monitoreo de estos sistemas no solo posea conocimientos técnicos, sino también la capacidad de tomar decisiones críticas en situaciones de emergencia, asegurando que los AGV cumplan con los estándares de operación y seguridad.

El uso de AGV implica una inversión significativa, lo que refuerza la importancia de una planificación cuidadosa. Es esencial determinar el número óptimo de vehículos que conformarán el sistema, considerando las necesidades específicas de la empresa. Aunque estos sistemas son costosos, su implementación puede incrementar significativamente la productividad si las demás áreas de la organización trabajan de manera colaborativa y se adaptan rápidamente a las nuevas tecnologías. Finalmente, para maximizar el rendimiento de los AGV y garantizar su operatividad a largo plazo, es indispensable establecer un esquema de mantenimiento bien planificado y organizado. Este esquema debe incluir mantenimiento preventivo para extender la vida útil de los activos, minimizar los costos asociados al ciclo de vida de los equipos y asegurar la máxima eficiencia en las operaciones productivas.

En conclusión, aunque la implementación de los AGV representa desafíos técnicos y económicos, los beneficios potenciales en términos de eficiencia, seguridad y productividad justifican su adopción como una estrategia clave en la modernización de procesos industriales dentro del marco de la Industria 4.0.

REFERENCIAS

- Acosta, G. (2023). AGV para movimiento de material entre estaciones de trabajo. Monterrey, Nuevo Leon. Obtenido de Repositorio del Tecnológico de Monterrey: <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/650694/AGV%20para%20movimiento%20de%20material%20entre%20estaciones%20de%20trabajo.pdf?sequence=4&isAllowed=y>:
- Drira, A., Pierreval, H., y Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual reviews in control*, 31(2), 255-267. DOI:10.1016/j.arcontrol.2007.04.001
- Fernandez-Rios, M., y Sánchez , J. (1997). Eficacia Organizacional. Madrid. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y Productividad*. México: Editorial Mc Graw Hill
- Luzuriaga, J. G. V., Vergara, K. A. L., Guanin, A. M. B., & Toalombo, D. A. G. (2022). Review de vehículo autónomamente guiado (AGV). *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(6), 2524-2549.
- Moreno, Sergio y Munoz Ceballos, Nelson. (2019). Vehículos de guiado autónomo (AGV) en aplicaciones industriales: una revisión. *Revista Politécnica*. 15. 117-137. 10.33571/rpolitec.v15n28a11.
- Pérez, E. L. (2020). La industria 4.0 y las nuevas formas de trabajar: una perspectiva desde el caso mexicano en tiempos del COVID 19. *Lan Harremanak - Revista De Relaciones Laborales*, (43). <https://doi.org/10.1387/lan-harremanak.21737>
- Real Academia Española. (s. f). *Diccionario de la lengua española*. <https://www.rae.es/>
- SafetyCulture. (4 de Julio de 2024). PDCA: ¿Qué es el ciclo Plan Do Check Act? Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/ciclo-pdca/>
- Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., y Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, (54) .

OPTIMIZACIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN: REDUCCIÓN DE TIEMPOS MUERTOS Y MEJORA DE LA EFICIENCIA

Isidro Amaro Rodríguez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / iamaro@itdurango.edu.mx

Evelin Alessandra Vázquez Gallardo

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / 20040271@itdurango.edu.mx

Aurora Gurrola Rodríguez

Universidad Juárez del Estado de Durango /auroragr25@gmail.com

Luis Alejandro Ruiz Soto

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / alexruiz@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

Este capítulo presenta un proyecto centrado en proponer mejoras para aumentar la eficiencia y la productividad en la línea 2 del modelo Tundra en la planta Yazaki 1 en Victoria de Durango. El objetivo principal es analizar e identificar las causas de los tiempos muertos en el proceso de fabricación de arneses de motor, específicamente en el área de conveyor.

El documento describe el proceso de fabricación de arneses, incluyendo las áreas de Atokote (ensamble) y Maekote (procesos secundarios como Bonder, Blindados, Trenzados). Se identifican los principales problemas como la falta de circuitos y componentes, retrasos en el surtido de materiales y personal no certificado, lo que genera cuellos de botella y afecta el cumplimiento de la meta de producción.

Para abordar estos problemas, se implementa el proyecto Jishuken, basado en la metodología de producción de Toyota, que se centra en la eliminación de desperdicios (mudas). Se utiliza el sistema Andon para reportar las anomalías y se implementa la actividad de Time Keeper para monitorear y registrar con precisión los tiempos muertos.

Mediante el análisis de tiempos y la elaboración de una tabla de balance se identifican las áreas críticas con mayor tiempo de ciclo. Se proponen diversas mejoras, como la asignación de materialistas, la optimización de rutas de materiales, la implementación de Kanban y la reorganización del flujo de trabajo en las áreas de Bonder y Blindados.

El proyecto concluye que la implementación de las mejoras propuestas ha logrado aumentar la eficiencia de la línea D2, reducir los tiempos muertos y mejorar la productividad, contribuyendo al éxito continuo de la empresa y la satisfacción del cliente.

Palabras claves: Jishuken, Tiempos muertos, Eficiencia

ABSTRACT

This chapter presents a project focused on proposing improvements to increase efficiency and productivity in line 2 of the Tundra model at the Yazaki 1 plant in Victoria de Durango. The main objective is to analyze and identify the causes of downtime in the engine harness manufacturing process, specifically in the conveyor area.

The document describes the harness manufacturing process, including the areas of Atokote (assembly) and Maekote (secondary processes such as Bonder, Armored, Braided). The main problems are identified as the lack of circuits and components, delays in the supply of materials and non-certified personnel, which generate bottlenecks and affect the fulfillment of the production goal.

To address these problems, the Jishuken project is implemented, based on the Toyota production methodology, which focuses on the elimination of waste (mudas). The Andon system is used to report abnormalities and the Time Keeper activity is implemented to accurately monitor and record downtime.

Through time analysis and the development of a balance table, critical areas with the longest cycle times are identified. Various improvements are proposed, such as the assignment of materialists, optimization of material routes, the implementation of Kanban and the reorganization of the workflow in the Bonder and Armored areas.

The project concludes that the implementation of the proposed improvements has managed to increase the efficiency of the D2 line, reduce downtime and improve productivity, contributing to the continued success of the company and customer satisfaction.

Keywords: Jishuken, Downtime, Efficiency.

INTRODUCCION

La eficiencia operativa es un objetivo esencial para las organizaciones que buscan maximizar la productividad y reducir desperdicios. En la industria manufacturera, el análisis detallado de los procesos es fundamental para identificar oportunidades de mejora que permitan optimizar el uso de los recursos y reducir los tiempos muertos. La eficiencia, definida como la capacidad de utilizar recursos de manera óptima para alcanzar un objetivo específico, ha sido estudiada desde diferentes enfoques. Mercado, Estada y Rendon (2020), señalan que la eficiencia técnica, basada en el aprovechamiento adecuado de la mano de obra y maquinaria, resulta en niveles superiores de productividad, un concepto aplicable a diversos sectores, incluyendo la manufactura automotriz, donde la gestión eficaz de recursos humanos y técnicos es vital.

Para optimizar los procesos y reducir los tiempos improductivos, metodologías como el estudio de tiempos y movimientos son ampliamente utilizadas en la industria. Según Arteaga, Montenegro, Salazar y Cisneros (2020), la medición precisa de tiempos y la disposición óptima de materiales y equipos en planta son fundamentales para mejorar la eficiencia operativa. En la línea de producción del modelo Tundra en la planta Yazaki 1, estudios han demostrado que la identificación de cuellos de botella y la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real pueden reducir significativamente los tiempos muertos, aumentando así la eficiencia de la línea.

La mejora continua, a través de herramientas de gestión como el Kaizen, ha demostrado ser efectiva en la optimización de procesos, ya que permite identificar y resolver áreas de mejora dentro de los procesos productivos. En la planta Yazaki, la adopción de estas técnicas ha incrementado la productividad y reducido los costos asociados con la ineficiencia operativa, asegurando un mejor cumplimiento de los planes de producción.

Para comprender mejor las estrategias de optimización, Figueroa (2021), en su tesis sobre la mejora de confiabilidad y eficiencia en la producción de arneses, enfatiza que implementar mejoras en los procesos permite reducir errores en las entregas. De manera similar, Reyes, Salinas y Vallejos (2022) destacan que la eficiencia puede medirse mediante la productividad y los factores productivos involucrados, como los insumos necesarios para la producción. Estas investigaciones coinciden en

el objetivo de mejorar la eficiencia en la producción, alineándose con los principios de optimización industrial.

El enfoque Lean Manufacturing y la metodología TPM son fundamentales para incrementar la eficiencia al eliminar desperdicios, definidos como cualquier actividad o recurso que no aporta valor y que, sin embargo, incrementa el costo de producción (Apaza, 2021). Ramírez, Magaña y Ojeda (2022) señalan que tanto la eficiencia como la eficacia son factores determinantes en la productividad, y describen la eficiencia como una herramienta para medir los factores internos de una organización con el fin de reducir el costo de transformación del producto.

La implementación de herramientas como Lean Manufacturing ha sido destacada por Blanco y Quintero (2023) como clave para reducir los siete tipos de desperdicios en los procesos productivos, lo cual contribuye significativamente a la eficiencia y productividad. Herreras y Quispe (2024) también subrayan que metodologías como las 5S y el Value Stream Mapping (VSM) son esenciales para detectar y resolver problemas, optimizando los tiempos en los procesos industriales.

Rodríguez (2021) realizó un análisis detallado de la optimización de espacio en la producción de arneses, y este proyecto amplía esa perspectiva al abordar la optimización de todos los recursos disponibles en la planta Yazaki, con un enfoque en el modelo Tundra. El objetivo es eliminar tiempos muertos y mejorar así la eficiencia general del proceso. En este contexto, Martínez, Cruz, Hernández y Hernández (2020) implementaron el sistema Andon, una herramienta visual y auditiva que facilita la interacción de los trabajadores para solucionar problemas en tiempo real, minimizando así los tiempos improductivos.

Para lograr una reducción de tiempos muertos, esta investigación integró metodologías como Lean Manufacturing y herramientas de análisis como el Diagrama de Pareto, el cual permite identificar los factores que más impactan en los tiempos muertos. Carreño (2022) también destaca que la optimización de diseño de procesos y productos es fundamental para disminuir los costos operativos. Finalmente, metodologías como Kaizen y SMED (Single-Minute Exchange of Dies) han demostrado ser eficaces en la reducción de tiempos improductivos. Valarde y Carvajal (2021) reportaron una disminución en unidades defectuosas mediante la mejora de métodos estandarizados en procesos de inyección, mientras que Arcos (2021) aplicó SMED en combinación con Kaizen para reducir en un 68% los tiempos muertos en procesos industriales. Las cuales fueron de gran importancia para el desarrollo del proyecto.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

La empresa industrial Grupo Yazaki S.A de C.V planta 1 en Durango, según Yazaki (2024) es considerada una empresa internacional, líder mundial de desarrollo de equipos eléctricos, además de brindar desarrollo y soluciones al sector automotriz, dentro de sus productos y servicios se tienen los arneses para clientes como Toyota y Honda.

El proyecto Jishuken implementado en la planta Yazaki 1 se basó en el sistema de producción de Toyota (TPS), una filosofía de gestión enfocada en la eliminación de desperdicios y la mejora continua. Esta iniciativa busca visibilizar las ineficiencias existentes, en particular los tiempos muertos no registrados, a través de una rigurosa evaluación inicial para poder incrementar la eficiencia que se define como lograr los objetivos garantizando los recursos disponibles al mismo costo y máxima calidad, (Godoy, 2021). Dentro de este marco, se aplicaron diversas metodologías de mejora, que se describen a continuación:

1. Sistema Andon

El sistema Andon es una herramienta de alerta visual que permite a los operadores notificar de manera inmediata cualquier problema o anomalía en la línea de producción (Martínez et al, 2020). En Yazaki 1, se implementó este sistema para registrar los tiempos muertos y facilitar una respuesta rápida por parte del supervisor. La información recopilada a través del sistema Andon permitió identificar las principales causas de los tiempos muertos y priorizar las áreas de mejora.

2. CTMB (Control de Tiempo Muerto)

El CTMB es una herramienta visual que se utiliza para monitorear el tiempo de ciclo de cada operador y detectar posibles retrasos en la línea de producción (Telenchana y Rojas, 2020). Al implementarlo en el área de Conveyor de la línea D2, se buscó aumentar la conciencia de los operadores sobre su tiempo de operación y promover un mejor balanceo de la línea.

3. Time Keepers

Se designaron Time Keepers específicos para monitorear la línea D2 y registrar con precisión los tiempos muertos, las áreas afectadas y sus causas raíz. Para el análisis de las causas, los Time Keepers utilizaron la herramienta de los 5 ¿Por qué?, la cual permite identificar la causa raíz de un problema a través de un proceso iterativo de preguntas. Esta información fue fundamental para la elaboración de la tabla de balance y la identificación de las áreas críticas.

4. Análisis de Tiempos y Tabla de Balance

Se realizó un análisis de tiempos por operador para verificar si se cumplía con el tiempo tacto establecido para la línea. Con esta información, se elaboró una tabla de balance, una herramienta que permite visualizar la distribución del trabajo entre las diferentes estaciones de la línea de producción y detectar posibles cuellos de botella. La tabla de balance, en conjunto con los datos recopilados por los Time Keepers, permitió identificar las áreas de mayor tiempo de ciclo y las áreas críticas que experimentaban tiempos muertos, como los subprocesos de Bonder y Blindados.

5. Lluvia de Ideas y Kaizen

Se realizaron sesiones de lluvia de ideas con la participación de los equipos de trabajo para identificar soluciones a los problemas detectados en las áreas críticas. A partir de estas ideas, se implementaron Kaizen, una metodología de mejora continua que se basa en la realización de pequeños cambios incrementales para optimizar los procesos (Montijo, Cano y Ramírez, 2020). En el área de Bonder, se implementaron Kaizen como la asignación de un materialista, la definición de metas de producción, la implementación de Kanban, la actualización de la matriz de materiales y la mejora del diseño del carro de materialista. En Blindados, se implementaron Kaizen como la reorganización del flujo de trabajo, la estandarización de métodos y la implementación de un sistema de control visual para el seguimiento de la producción.

6. Iniciativa Sumat

La iniciativa Sumat fue un concurso interno que se implementó para fomentar la participación de todo el personal en la mejora continua a través de la elaboración de Kaizen. Esta iniciativa tuvo un impacto positivo en la planta, incentivando la creatividad y la proactividad de los empleados, y generando un gran número de mejoras en diversas áreas.

El tipo de investigación que se presenta en el documento se clasifica como descriptiva y aplicada. Donde se enfoca en describir y analizar en detalle el proceso de fabricación de arneses de motor en la línea D2 del modelo Tundra en la planta Yazaki 1. También se busca comprender a fondo el proceso actual, identificando las áreas de oportunidad y las causas de los tiempos muertos. Buscando con lo anterior proponer e implementar mejoras concretas para aumentar la eficiencia y la productividad de la línea de producción, resolviendo un problema práctico dentro de la empresa, aplicando los principios del sistema de producción de Toyota (TPS) y otras metodologías de mejora continua como Kaizen y Jishuken. Se diseñan e implementan soluciones específicas para cada área problemática, como la asignación de materialistas en el área de Bonder, la reubicación de procesos y la estandarización de métodos en Blindados. Se evalúan los resultados de las mejoras implementadas, con el fin de verificar su efectividad y realizar ajustes si es necesario.

Este tipo de investigación, descriptiva y aplicada, es adecuado para el diseño del estudio ya que permite comprender en detalle el proceso de producción, identificar las áreas de mejora y aplicar soluciones concretas para optimizar la eficiencia y la productividad.

Si bien el documento no plantea una hipótesis explícita de forma textual, se puede inferir una hipótesis implícita a partir del objetivo general del proyecto y las acciones implementadas: La

implementación del proyecto Jishuken, a través de la identificación y eliminación de los tiempos muertos en el proceso de fabricación de arneses de motor en la línea D2 del modelo Tundra, incrementará la eficiencia y la productividad de dicha línea.

En cuanto al tamaño de la muestra y la población, el documento se centra en la línea de producción D2 del modelo Tundra en la planta Yazaki 1. No se especifica un tamaño de muestra definido, ya que el estudio se enfoca en la totalidad de la línea de producción y sus subprocesos relacionados, como Bonder y Blindados. Por lo tanto, se puede considerar que la población del estudio es la línea D2 del modelo Tundra y sus procesos auxiliares.

El modo de recolección de datos se basa principalmente en la observación directa y el registro de información en el lugar de trabajo. Destacando también que se utiliza una combinación de métodos cuantitativos, como la medición de tiempos y el análisis de datos de producción, y métodos cualitativos, como la observación directa y el registro de información en la hoja de seguimiento de problemas.

En resumen, el proyecto Jishuken en la planta Yazaki 1 se basó en la aplicación de diversas metodologías de mejora, incluyendo el sistema Andon, el CTMB, el análisis de tiempos y la tabla de balance, la lluvia de ideas y el Kaizen, y la iniciativa Sumat. Estas metodologías, en conjunto con la participación del personal, permitieron optimizar los procesos de producción, reducir los tiempos muertos y aumentar la eficiencia y productividad de la línea D2 del modelo Tundra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mejoras implementadas en la planta Yazaki 1, particularmente en las áreas de Bonder y Blindados, tuvieron un impacto positivo significativo en la eficiencia y productividad general, contribuyendo a una mejor satisfacción del cliente Toyota y al éxito continuo de la empresa.

Antes de las mejoras, la línea D2 del modelo Tundra experimentaba un tiempo muerto no reportado fluctuante entre el 40% y el 90%. Este tiempo perdido se atribuía a diversas causas, como problemas con la maquinaria, problemas de calidad, falta de capacitación, problemas organizacionales y falta de un sistema eficaz para registrar el tiempo muerto. Lo anterior presenta evidencia que respalda la hipótesis implícita vista con anterioridad.

La implementación del proyecto Jishuken, basado en el sistema de producción de Toyota, se enfocó en la identificación y eliminación de las mudas o desperdicios dentro del proceso. A través de este proyecto, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Implementación del sistema andón: Este sistema de alerta visual permitió a los operadores notificar de manera efectiva los problemas en la línea de producción, facilitando una respuesta rápida y la recopilación de datos sobre las causas del tiempo muerto.
- Designación de Time Keepers: Se asignó personal específico para monitorear la línea D2 y registrar con precisión los tiempos muertos y sus causas raíz utilizando la herramienta de los 5 ¿Por qué?
- Análisis de Tiempos y Tabla de Balance: Se realizó un análisis de tiempos por operador para verificar el cumplimiento del tiempo tacto y se elaboró una tabla de balance para identificar las áreas con mayor tiempo de ciclo y las áreas críticas que experimentaban tiempos muertos.
- Lluvia de Ideas y Propuestas de Mejora: Se realizaron sesiones de lluvia de ideas para identificar soluciones a los problemas detectados en Bonder y Blindados. Las propuestas incluyeron la reorganización del flujo de trabajo, la asignación de materialistas, la implementación de Kanban y la capacitación del personal.

Como resultado de estas mejoras, la eficiencia de la línea D2 aumentó de un 78.57% a un 94.64%. Las mejoras en el área de Bonder incluyeron la asignación de un materialista, la definición de metas de producción, la implementación de Kanban, la actualización de la matriz de materiales y la mejora del diseño del carro de materialista. Estas acciones redujeron significativamente el tiempo muerto en Bonder, permitiendo a la línea modelo alcanzar su capacidad de producción y reducir los paros por falta de circuitos.

En el área de Blindados, se eliminó el cuello de botella en el área de encintado manual mediante la reorganización del flujo de trabajo y la estandarización de métodos. También se implementó un sistema de control visual para el seguimiento de la producción y se capacitó al personal para mejorar su eficiencia.

Las mejoras en la eficiencia y productividad en Yazaki se lograron a través de un enfoque sistemático, la participación del personal y la implementación de las mejores prácticas de producción. La iniciativa Sumat, que fomentó la participación del personal en la mejora continua a través de la elaboración de Kaizen, contribuyó significativamente a la reducción de costos y al aumento de la eficiencia en la planta.

Los resultados del proyecto confirman la hipótesis implícita, demostrando que las acciones implementadas a través del Jishuken contribuyeron a mejorar la eficiencia y la productividad de la línea D2 del modelo Tundra.

CONCLUSIONES

El presente proyecto, enfocado en la mejora de la eficiencia y productividad de la línea D2 del modelo Tundra en la planta Yazaki 1, ha demostrado la importancia de identificar y eliminar los tiempos muertos en los procesos de producción. A través de la implementación del proyecto Jishuken, basado en el sistema de producción de Toyota (TPS), y la aplicación de diversas metodologías de mejora, se lograron resultados significativos que contribuyeron a optimizar las operaciones, reducir los costos de producción y aumentar la satisfacción del cliente.

La metodología empleada en el proyecto se basó en un enfoque sistemático y participativo, involucrando a los equipos de trabajo en todas las etapas del proceso de mejora. Se implementaron herramientas como el sistema Andon, el CTMB (Control de Tiempo Muerto), el análisis de tiempos y la tabla de balance, la lluvia de ideas y el Kaizen, y la iniciativa Sumat.

Los resultados obtenidos evidencian el impacto positivo de las mejoras implementadas:

- Aumento de la eficiencia en la línea D2: La eficiencia de la línea D2 del modelo Tundra aumentó de un 78.57% a un 94.64% gracias a la reducción de los tiempos muertos y la optimización de los procesos. Este incremento en la eficiencia se tradujo en una mayor capacidad de producción, permitiendo a Yazaki cumplir con las demandas del cliente Toyota de manera más efectiva.
- Mejora en la gestión de materiales: La implementación de Kanban, la actualización de la matriz de materiales, la asignación de materialistas y la mejora del diseño del carro de materialista en el área de Bonder contribuyeron a optimizar el flujo de materiales y reducir el tiempo muerto por falta de circuitos.
- Eliminación de cuellos de botella: La reorganización del flujo de trabajo y la estandarización de métodos en el área de Blindados permitieron eliminar el cuello de botella en el área de encintado manual, mejorando la eficiencia y el tiempo de ciclo de este proceso.
- Fomento de la cultura de mejora continua: La iniciativa Sumat, un concurso interno para la elaboración de Kaizen, incentivó la participación del personal en la identificación y solución de problemas, generando un gran número de mejoras en diversas áreas de la planta.

El éxito del proyecto Jishuken en la planta Yazaki 1 se atribuye a varios factores clave:

- Enfoque sistemático: La aplicación de una metodología estructurada, basada en el TPS, permitió abordar los problemas de forma organizada y eficiente.
- Participación del personal: La participación de los equipos de trabajo en todas las etapas del proyecto, desde la identificación de problemas hasta la implementación de soluciones, fue fundamental para el éxito de las mejoras.
- Compromiso de la dirección: El apoyo y compromiso de la dirección de Yazaki fueron esenciales para la implementación del proyecto y la creación de una cultura de mejora continua en la planta.

Si bien es cierto, aunque no se describe una validación formal, el uso de los instrumentos y métodos de medición en el proyecto se justifica por su enfoque práctico, su adecuación al contexto del problema y la triangulación de datos que permite una mayor confiabilidad de los resultados.

En conclusión, el proyecto Jishuken ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y productividad en la planta Yazaki 1. La implementación de las metodologías de mejora, en conjunto con la participación del personal, permitió optimizar los procesos de producción, reducir los tiempos muertos y aumentar la capacidad de producción.

Se recomienda a Yazaki continuar con la implementación de las metodologías de mejora continua en otras áreas de la planta, así como mantener un monitoreo constante de los procesos para asegurar la sostenibilidad de los resultados obtenidos. Se debe seguir invirtiendo en la capacitación del personal y en la optimización de los procesos para mantener la competitividad de la empresa en el mercado automotriz.

REFERENCIAS

- Apaza, N. M. C. (2021). Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Mayor de San Marcos).
- Arcos Guzmán, J. E. (2021). Propuesta de reducción del tiempo de cambio de molde de troquel mediante la metodología SMED en la línea de FWS.
- Arteaga, C. C., Montenegro, Y. Á. G., Salazar, M. D. C. T., y Cisneros, M. G. V. (2020). Importancia de un estudio de tiempos y movimientos. *Inventio*, 16(39), 1-5.
- Blanco León, X., y Sánchez Quintero, S. T. (2023). Implementación de herramientas de Lean Manufacturing para optimizar los procesos de la empresa GIGANAV CONNECTION SAS.
- Carreño Leon, G. R. (2022). Gestión por procesos y su incidencia en la eficiencia operativa en los procesos productivos de una empresa de empaques, periodo 2020-2021.
- Figuroa Campa, J. E. (2021). Aumento de confiabilidad y eficiencia en departamento de diseño de producción de una empresa productora de arneses (Master's thesis, FIGUEROA CAMP, JESÚS EDUARDO).
- Godoy, L. A. (2021). Programa de mantenimiento para los equipos de tecnología mecánica del laboratorio de ingeniería industrial de la universidad valle del momboy (Doctoral dissertation).
- Herreras Muchas, K. S., y Quispe Garay, P. L. (2024). Implementación de herramientas Lean Manufacturing para la optimización de tiempos dentro de los procesos productivos en una empresa metalmecánica en Lurín 2022.
- Martínez-Hernández, J. C., Cruz-Solís, E. J., Hernández-Luna, A., y Hernández-Hilario, R. (2020). El sistema ANDON, como herramienta fundamental para disminuir el tiempo de respuesta y eliminar los defectos en línea de panel The ANDON system, as a fundamental tool to decrease the response time and eliminate defects in the panel line. *Revista de Ingeniería*, 4(12), 30-41.
- Mercado, W., Estrada, M., & Rendon, E. (2020). La Tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la Región Junín. *Natura@ economía*, 5(2), 88-101.
- Montijo-Valenzuela, E. E., Cano-Martínez, O. E., y Ramírez-Torres, F. (2020). Implementación de mejora continua de los procesos del área de mantenimiento en servicios de la industria manufacturera electrónica. *Científica*, 24(1), 59-65.
- Ramírez Méndez, G. G., Magaña Medina, D. E., y Ojeda López, R. N. (2022). Productividad, aspectos que benefician a la organización. *Revisión sistemática de la producción científica. Trascender, contabilidad y gestión*, 7(20), 189-208.
- Reyes Méndez, A. J., Salinas Baquedano, B. L., y Vallejos Montiel, C. E. (2022). Análisis del nivel de cumplimiento de las líneas de producción de la empresa YAZAKI planta 3 según indicador de producción en el municipio de El Viejo depto. Chinandega, en el periodo de Febrero a Mayo 2022 (Doctoral dissertation, Universidad de Ciencias Comerciales).
- Rodríguez Picón, L. A. (2021). Optimización de espacio disponible para la línea de producción arnesera Cadillac E2UL. Instituto de Ingeniería y Tecnología.

- Telenchana, L. S. L., y Rojas, J. L. P. (2020). Diseño e implementación de un sistema integrado para disminuir tiempos muertos en líneas de producción industrial. *ConcienciaDigital*, 3(3.1), 126-141.
- Velarde, J. I. A., y Carvajal, J. R. B. (2021). Optimización de la eficiencia productiva a través de un diseño experimental factorial en el proceso productivo de prensado de suelas para calzado en una empresa textil. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(9), 1735-1748.
- Yazaki. (s. f). Nuestros valores. Yazaki. Recuperado de https://careers.yazaki.com/content/Our-Values/?locale=es_MX

PRODUCTIVIDAD EN LAS MICRO PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (MIPYMES) FABRICANTES DE MUEBLES EN LA CIUDAD VICTORIA DE DURANGO

José Manuel Martínez Vázquez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / josemartinez@itdurango.edu.mx

José Trinidad Martínez Reyna

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / marrj@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

La investigación analiza las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMEs) fabricantes de muebles en la ciudad de Durango, en esta primera etapa solo se presenta sobre los costos de los insumos empleados, este es un factor importante para medir productividad de estos negocios, es un estudio comparativo de los costos de insumos entre empresas fabricantes de muebles de la ciudad de Durango. Se estableció el diálogo con distintas empresas y sus propietarios para mostrarles el alcance de este trabajo y se logró una relación de conveniencia con las empresas que aceptaron participar, debido a las condiciones de la economía, la falta de poder adquisitivo de los posibles clientes y al flujo de circulante, estas empresas han tenido dificultad para sostenerse y crecer en el mercado de la fabricación del mueble, razón fundamental que originó que no todas estuvieran en condición de aceptar participar.

Se desarrolló la herramienta para recolectar información, encuestas a directivos, mandos medios de ocho MIPyMEs fabricantes de muebles de la ciudad de Durango, se solicitó apoyo a los empresarios para aplicar el instrumento, especificando la conveniencia del mismo y la confidencialidad en los resultados de cada negocio. Se determinó la ruta metodológica y el lugar de estudio, se realizó un análisis al respecto de acuerdo a los objetivos establecidos, se trata de una investigación correlacional y simple. Para la recolección de información se aplicaron 121 encuestas en ocho empresas muebleras, las cuales son seis microempresas, una pequeña y una mediana empresa.

Palabras claves: Productividad, costos, insumos, comparativo.

ABSTRACT

The paper analyzes micro, small and medium-sized enterprises (MSMEs) that manufacture furniture in the city of Durango. In this first stage, only the costs of the inputs used are investigated. This is an important factor to measure the productivity of these businesses. It is a comparative study of the costs of inputs between furniture manufacturing companies in the city of Durango. Dialogue was established with different companies and their owners to show them the scope of this work and a relationship of convenience was achieved with the companies that agreed to participate, due to the conditions of the economy, the lack of purchasing power of potential customers and the flow of cash, these companies have had difficulty sustaining and growing in the furniture manufacturing

market, a fundamental reason that caused not all of them to be able to accept participation. The tool was developed to collect information, surveys to directors, middle managers of eight MIPyMEs furniture manufacturers in the city of Durango, support was requested from the entrepreneurs to apply the instrument, specifying the convenience of it and the confidentiality of the results of each business. The methodological route and the place of study were determined, an analysis was carried out in this regard according to the established objectives, it is a correlational and simple research. To collect information, 121 surveys were applied in eight furniture companies, which are six microenterprises, one small and one medium-sized company.

Keywords: Productivity, costs, inputs, comparative.

INTRODUCCIÓN

El Centro de Comercio Internacional en 2019, ubica a México como uno de los principales exportadores de muebles del mundo. La aparición de la epidemia de Covid19 en 2020 ha beneficiado a la industria del mueble. La demanda, producción, venta y exportación de muebles son medios cada vez mayores para prevenir enfermedades infecciosas, el volumen de ventas ha aumentado en nuestro país y en consecuencia la facturación de la industria del mueble ha aumentado.

Un dato interesante es que desde el inicio de la pandemia de COVID19 en 2020, la industria ha experimentado un crecimiento exponencial en la producción, las ventas y las exportaciones internacionales a medida que empresas de todo el mundo han adoptado el trabajo remoto, convirtiéndose en una de las industrias “ganadoras” durante la epidemia (Mundi, 2022).

El cambio en los hábitos de compra de muebles ha llevado a un mayor enfoque en la sustitución periódica en lugar de la posesión a largo plazo. El crecimiento del comercio electrónico ha impactado la fabricación, distribución y comercialización de muebles. La problemática en la logística del transporte de mercancías y el aumento del costo de los contenedores también han afectado la industria mexicana del mueble. A pesar del crecimiento en 2021, la industria del mueble se ve afectada por el desabasto y sobreprecio de materias primas. La demanda de muebles y materias primas ha crecido con la reapertura de las economías, pero muchas fábricas no pueden satisfacerla debido a sus limitaciones en la producción (Mundo Ferretero , 2022).

En Durango las empresas fabricantes de mueble como en el resto del país, son en una gran proporción Micro, Pequeñas y Medianas empresas (MIPyMEs), este sector en la ciudad de Durango está experimentando un crecimiento negativo, cierre de empresas y pérdida de puestos de trabajo, en contraste los últimos años, la fabricación de muebles y carpintería, una de las industrias más importantes de México, ha logrado un crecimiento sostenido a nivel nacional.

Los precios de la madera han aumentado debido a las exportaciones en grandes cantidades, especialmente a Estados Unidos. Los empresarios locales están colaborando con los madereros para adquirir madera a precios favorables. Carlos Gutiérrez Santiesteban, presidente de la Asociación de Fabricantes de Muebles del Estado de Durango (AFAMDGO), destaca que están trabajando para estandarizar productos y ofrecer muebles de calidad a mueblerías grandes en la Ciudad de México, a pesar del aumento en los precios de la madera, el incremento ha sido del 15% al 20%, dependiendo del tipo de madera, siendo el pino la variedad más común. Se esfuerzan por mantener márgenes de beneficio bajos y fomentar el consumo de productos locales. Enfatizan la importancia de apoyar a las empresas duranguenses para mejorar la calidad de vida en Durango (Barrientos, 2023).

La industria del mueble en Durango ha experimentado un constante descenso, no sólo en el número de empresas y empleos sino también en el valor agregado total. En 2003, la ciudad de Durango registró 1,074 personas trabajando en fábricas de muebles según datos del INEGI en el Sistema Automatizado de Información Censal. Sin embargo, en 2008, el número de empleados disminuyó a 954, una disminución del 10,2% respecto a 2003. En 2013, el número de empleados fue de 995, una disminución del 7,4% respecto a 2003. Finalmente, en 2018, se han registrado 919 personas, un descenso del empleo de 14,4% respecto a 2003.

Estos datos confirman la tendencia a la reducción del número de asalariados en las empresas muebleras a nivel municipal con un descenso en tasa anual del 2,1%, esta tasa de disminución es mayor que la observada a nivel estatal 1,1% anual e inferior a la tasa de crecimiento nacional 1,2% anual durante el mismo período.

Para unidades económicas (UE) a nivel nacional de 2003 a 2018, la tasa de crecimiento fue de 7,6% anual. En el estado de Durango, el crecimiento por año fue del 1,1% durante el mismo período, mientras que en esta ciudad se registró una tasa de crecimiento de las UE de 0,5% anual.

El examen de cifras de empleo y datos del valor agregado bruto muestran que las pequeñas empresas han reducido su tamaño y pasan convertirse en microempresas, esto conduce a una reducción de: nivel de producción, de personal empleado, de la calidad y ventas (INEGI, s.f.).

Manuel Rodríguez Páez, presidente de la Asociación de Fabricantes Muebleros en Durango, señaló que las ventas de muebles han disminuido significativamente, alrededor de 17 a 20%, sin embargo, confía en que, para el final del año; el Buen Fin y las ventas Navideñas se impulsen las ventas.” La disminución de las exportaciones también se debe en gran medida a la competencia de productos chinos, lo cual ha impactado en nuestra economía, así como a la baja demanda en el mercado estadounidense, este ha experimentado una disminución del 20%. La calidad de los productos chinos no es igual a la que ofrecen los muebleros de Durango, además estos ofrecen productos duraderos que pueden durar muchos años, contrario a los de la competencia extranjera. El empresario compartió que el sector ha enfrentado un año difícil, debido al bajo flujo económico en el estado y a otras prioridades entre los habitantes de Durango (Rodríguez, 2024).

Productividad

La productividad es un indicador económico que evalúa la cantidad de bienes y servicios que se producen en un período de tiempo determinado utilizando diferentes recursos, para calcular la productividad se divide la cantidad de lo producido entre los recursos utilizados, un buen índice de productividad mejora la calidad de vida de las personas, afecta a los salarios, la rentabilidad de los proyectos, las inversiones y el empleo y se convierte en un factor determinante del desarrollo social. El propósito de la productividad es medir la eficiencia con la que se utiliza cada elemento o recurso: tiempo de trabajo asignado, capital, espacio o tecnología. Eficiencia es lograr mejores resultados con menos recursos (Sevilla Arias, 2024).

La productividad total mide la eficiencia de una empresa teniendo en cuenta todos los factores de producción, incluidos los trabajadores, el capital y los materiales, así como factores como el tipo de trabajo, los estándares de calidad y la eficiencia de los procesos.

Productividad total = (producción total) / (todos los factores de producción)

$$Productividad\ Total = (Producto\ Total) / (T\ C\ M\ Q)$$

Las variables, T = factor trabajo, C = factor capital, M = factores de materia prima y piezas compradas, Q = insumo de otros bienes y servicios varios (Sánchez, 2023).

Objetivo General

En esta primera etapa, identificar el impacto que tiene el costo de los insumos empleados por las empresas fabricantes de muebles de la ciudad de Victoria de Durango.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

Contiene la estrategia metodológica desarrollada para la investigación. Incluye el diseño de la investigación, población, muestra y muestreo; el proceso de investigación, así como las técnicas empleadas para la recopilación y el análisis de los datos.

Área de estudio. Este estudio se encuentra en el campo de Humanidades y Ciencias de la Conducta y está alineado con las áreas prioritarias del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). En concreto, dentro del campo de estudio de la Psicología laboral y organizacional. El principal propósito

es examinar la conducta de las personas en la organización, el comportamiento organizacional y cómo afecta a la productividad (CONACYT, 2022).

Lugar de estudio. Con el fin de evaluar la influencia de los variables seleccionadas dentro del comportamiento organizacional y analizar su impacto en la productividad de las empresas fabricantes de muebles de Durango, Se dialogó con 20 MIPyMEs, miembros de la Asociación de Fabricantes de Muebles de Durango (AFMD) para mostrarles el alcance y los beneficios de este trabajo, debido a las condiciones de la economía y al flujo de circulante, estas empresas han tenido dificultad para sostenerse y crecer en el mercado de la fabricación del mueble, razón fundamental que originó que no todas estuvieran en condición de participar en la investigación, se estableció una relación de conveniencia con las ocho empresas que aceptaron participar, por cuestiones de privacidad de información de las empresas se omite emplear el nombre de cada uno y en la investigación se identifican como empresa 1, empresa 2, en general empresa N.

Tamaño de muestra. El tamaño para este trabajo específico se define por conveniencia, con un grupo de 8 empresas, cuyos tamaños son principalmente “micro”, junto con otras compañías pequeñas, con un total de 8 empresas, éste se toma como el tamaño de muestra.

Para evaluar el costo de insumos en las empresas fabricantes de muebles de la ciudad de Durango, se diseñó un método basado en la investigación realizada por Espinosa (2010), donde utilizó formatos de registro diario para producción, con los cuales recabó la cantidad de productos manufacturados en las empresas además de su valor monetario, midió los productos obtenidos en puntos, con un valor base de \$500 = 1 punto, para después elaborar valoraciones de productividad con base en los insumos utilizados, horas hombre, gastos totales, etc., este método fue implementado por 13 semanas.

En esta investigación se estandarizan los costos apoyada en un sistema de puntos, que se fundamenta en el precio del producto de menor costo, fabricado durante la semana, en el caso de la semana 1, el producto más económico tiene precio de \$2,000.00, se le otorga una puntuación de 1 punto, si 2 piezas son fabricadas se cuenta con 2 puntos. En el caso de productos de mayor precio, como las puertas que valen \$3000, se asignan 5 puntos a una puerta (debido a que $\$8000 / \$2000 = 4$ puntos), al fabricar 2 puertas semanalmente, la cantidad de puntos obtenida es 8, este sistema posibilita la comparación de los costos de insumos de distintos artículos de forma homogénea, de igual manera se aplica a los productos.

Para tratar los costos de fabricación, estos se normalizan empleando el precio producto más económico como punto de comparación, si en un período de siete días se realizaron pagos de salarios por un total de \$18,000, los puntos se determinan en función del valor de \$2,000.00 (el precio del producto más económico). De esta manera, la cantidad de \$18,000.00 se reparte entre \$2,000.00, lo que resulta en un total de 9 puntos, la medida en puntos del valor de nómina.

Para recopilar la información sobre costo de insumos, se emplearon diferentes formas: a algunas empresas, se les proporcionó semanalmente formatos en donde reportaron el costo de los insumos, en este documento la empresa entregó la información solicitada, a otras, se les envió vía e-mail el formato, para usar con los informes de costos generados internamente en la empresa para luego utilizar la información en el estudio. En ciertos casos, se proporcionó un formato digital para el registro de la producción, el cual era completado por el personal encargado, quedando pendiente aglutinar los datos y calcular los costos en puntos.

Los datos recopilados en el cuestionario, se integraron en un documento Excel que contiene todos los datos de las encuestas realizadas en las 8 compañías, posibilitando una visión unificada de la situación en el sector, además, se generaron archivos separados en Excel para cada una de las empresas, con la finalidad de simplificar el examen detallado de la información de cada empresa.

Las bases de datos son creadas con el propósito de simplificar el análisis estadístico de la información directamente en el programa, posibilitando la ejecución de cálculos y análisis que ofrecen una visión completa y precisa de la situación actual de las empresas, esto ayuda a cada compañía a entender de manera más precisa su posición en el sector y facilitará la identificación de áreas de oportunidad al comparar sus datos con los datos globales.

Para aumentar la productividad, un factor prioritario es optimizar el uso de los insumos, reducir los gastos, esto es de gran importancia para las compañías.

Las variables que se estudian en este trabajo, respecto a las empresas fabricantes de muebles, son los gastos medidos en puntos, correspondientes a los insumos: energía eléctrica (pagos a Comisión Federal de Electricidad (CFE)), gastos de: Nómina Semanal, Nómina Administrativa Semanal, costo de consumo de Agua Semanal, Insumo Materia Prima Principal A, Insumo Materia Prima Principal B, de las ocho empresas convenidas.

Los porcentajes (%) de aplicación del gasto total de los insumos seleccionados varían en función del tamaño de las empresas y comportamiento económico, en el caso del uso de la energía eléctrica la empresa número 7 utiliza 13% de su gasto total, es una empresa que emplea 47 personas en comparación con la empresa 5 que utiliza 1% y emplea 5 trabajadores, se muestra en la tabla 1 y en figura 1.

Tabla 1. Insumos en puntos por empresa %

| Insumo | Empresa | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Energía eléctrica | 10% | 6% | 4% | 2% | 1% | 2% | 13% | 10% |
| Nomina Semanal | 11% | 48% | 61% | 20% | 42% | 51% | 14% | 18% |
| Nomina Administrativa Semanal | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 5% | 0% |
| Agua Semanal | 0% | 0% | 1% | 1% | 0% | 0% | 4% | 0% |
| Insumo MP principal A | 56% | 40% | 18% | 48% | 42% | 37% | 47% | 67% |
| Insumo MP principal B | 20% | 9% | 20% | 30% | 24% | 10% | 16% | 5% |
| Número de empleados | 39 | 8 | 8 | 5 | 6 | 4 | 47 | 4 |

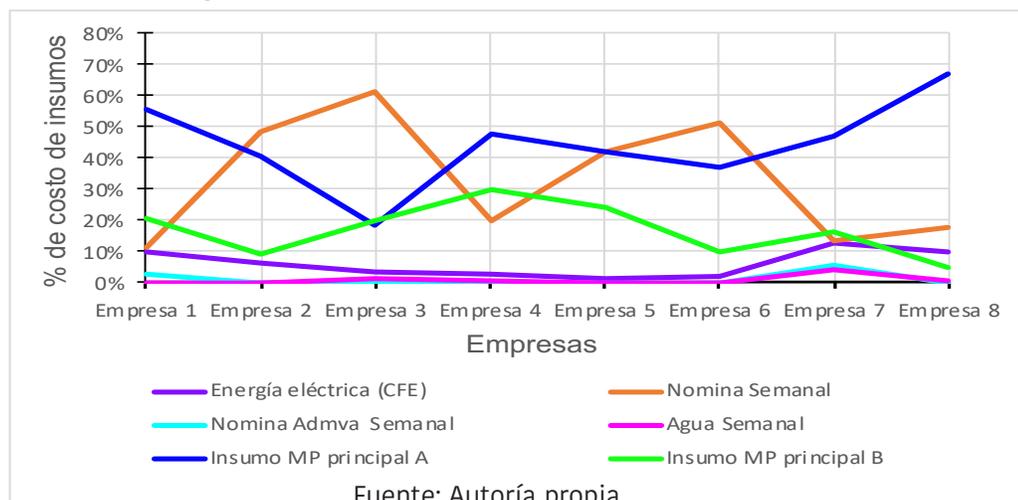
Fuente: Autoría propia

En el pago de nómina semanal la empresa Número 3 emplea el 61%, con una plantilla de ocho trabajadores vea tabla1, este resultado es consecuencia de que, en el período de estudio, 10 semanas, estuvo la empresa en ocasiones sin producción y solo se dedicaban en el mejor de los casos a instalar productos fabricados en semanas anteriores, el menor porcentaje corresponde a la empresa 1 con 11%, debido a los cambios en la demanda, algunas de las empresas buscan proveer materia prima fundamental en la fabricación a pesar de no tener buena producción en la semana de compra, previendo la manufactura de productos a futuro.

En el insumo uso de Agua por semana la empresa Número 7 aplico el 4% de su gasto total en recursos de entrada, con 47 personas empleadas, en tabla 1, considerando que este es un insumo que no impacta directamente en la producción representa un costo menor, el agua solo se usa en los sanitarios.

Con la suma de los conceptos de Insumo: Materia Prima Principal A y Materia Prima Principal B, destaca la empresa Número 4, con cinco trabajadores y aplica 78% del gasto total de insumos, en segundo lugar, con 76% las empresas 1 y 5 con 39 y cinco trabajadores respectivamente, la situación del flujo de efectivo y la falta de poder adquisitivo de los clientes originó una situación irregular en la producción, la empresa 3 con ocho empleados solo aplicó el 38%, el menor porcentaje, como se muestra en figura 1.

Figura 1. Insumos medidos en puntos por empresa



Fuente: Autoría propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La situación que viven los fabricantes muebleros de la ciudad de Durango, es muy difícil, en este año empresas medianas se convirtieron en pequeñas y pequeñas se convirtieron en micro empresas, la baja en el ingreso por ventas, el flujo económico bajo, los incrementos en los precios de los insumos ocasionaron pérdidas en el número de empleos, como consecuencia maquinaria sin utilizar, las empresas trabajan por debajo de la capacidad instalada, el esfuerzo realizado por los propietarios de estas fábricas es enorme, el panorama no se ve halagüeño, además se le suma la competencia regional e internacional. La presencia en el mercado del mueble, de productos chinos ha afectado la demanda de los productos de Durango, a pesar de que los empresarios muebleros de Durango fabrican productos de calidad y más duraderos que los muebles chinos, por otro lado, algunas empresas exportaban productos a Estados Unidos, esta demanda ha disminuido.

En esta primera etapa, se tienen datos de costos de insumos que parecen no seguir un comportamiento alineado según el tamaño de las empresas, debido a lo anterior en esta investigación se encontró que algunas empresas tuvieron durante el período de estudio alguna semana sin producir, los trabajadores empleados se dedicaron a realizar actividades diferentes de su responsabilidad, la de producir, así lo hicieron los responsables de la empresa para no efectuar despidos, en otros casos dedicaban a los trabajadores a realizar instalación de productos fabricados en semanas anteriores. La suma del costo de los insumos: Pago de Nómina, Materia Prima Principal A y Materia Prima Principal B, en algunas empresas representan un costo igual o superior al 90%, del costo total, por ejemplo, la empresa 1 emplea el 90%, la empresa 2 con 97%, la empresa 3 el 99%, lo anterior determina la importancia de estos costos en el proceso de fabricación de muebles.

La difícil realidad que viven las empresas fabricantes de muebles, es agravada por la escasa ayuda por parte de los tres niveles de gobierno y del sistema bancario para conseguir créditos, constituyen los retos que encaran los fabricantes de muebles de Durango, sin estos apoyos es más complicado abrirse camino para superar las dificultades a vencer.

Es característica de las microempresas fabricantes de muebles no contar con la maquinaria adecuada para la fabricación eficiente de sus productos, carecer de una dinámica en la generación de diseños novedosos para presentar mobiliario y productos más atractivos para los posibles clientes, además de la carencia de una formación financiera, la no elaboración de balances y estados de resultados.

Recomendaciones Estas empresas como las Micro y Pequeñas Industrias requieren adquirir una capacitación financiera y a través de la organización que agrupa a los muebleros de Durango buscar el apoyo de los tres niveles de gobierno para obtener créditos para mejorar sus condiciones, por la situación del mercado y la falta de flujo de efectivo, se han visto obligados a los despidos, dejar fuera a un empleado, no solo es una persona es una familia la que queda sin sustento, es de reconocerse el compromiso de los empresarios con sus trabajadores sobre todo de aquellos que han trabajado y entregado buenos resultados a las empresas, para buscar maneras para no despedirlos y realizan tareas diferentes a las de fabricar. Es prioritario que a través de su asociación consigan capacitación en habilidades digitales. En términos generales, en estas compañías se carece de habilidades digitales, así como de capacitación para garantizar la seguridad digital que les posibilite para tener seguridad en sus procedimientos (Gimenez, 2023). Necesitan capacitarse en el diseño de muebles y pueden establecer convenios con las instituciones de educación superior para reducir esta brecha, lo mismo se puede hacer para capacitación y aplicación de conceptos básicos de procesos de ingeniería, por ejemplo, utilizar la herramienta 5's, manejo de almacenes, en los convenios las empresas pueden recibir estudiantes bien preparados con asesoría de docentes para resolver problemas específicos con beneficios para las empresas.

También es recomendable continuar con la segunda fase de esta investigación para determinar con base en el cálculo de la producción el índice de Productividad por cada empresa y una medida para el conjunto de empresas participantes.

REFERENCIAS

- Barrientos, C. (6 de 11 de 2023). Subió el precio de la madera más de 15%. (E. S. Durango, Ed.) El Siglo de Durango, pág. El sector mueblero está haciendo alianzas con el sector forestal para mejorar el precio al público. Retrieved 7 de 6 de 2024, from bit.ly/3XWYZeX
- CONACYT. (23 de marzo de 2022). Áreas, Campos y Disciplinas de atención prioritaria. Retrieved 20 de agosto de 2024, from conacyt.mx : <https://bit.ly/3zZQtnw>
- Espinosa , T. (2010). Implementación y generación de estrategias para el mejoramiento de la productividad de la empresa Muebles Velázquez. Victoria de Durango, Durango, México: Instituto Tecnológico de Durango. Retrieved 23 de julio de 2024.
- Gimenez, V. (10 de octubre de 2023). Habilidades digitales: guía para adquirir y enseñar alfabetización digital. (I.-A. D. Bank, Ed.) Retrieved 18 de septiembre de 2024, from [https://blogs.iadb.org › educacion › habilidades-digitales](https://blogs.iadb.org/educacion/habilidades-digitales): <https://bit.ly/3YmaZXT>
- INEGI. (s.f.). Sistema Automatizado de Información Censal. (INEGI) Retrieved 14 de Diciembre de 2023, from INEGI: bit.ly/4gN4AgQ
- Mundi. (24 de agosto de 2022). Mundi. (I. Mundi Trade, Editor, I. Mundi Trade, Productor, & EXPORTACIÓN) Retrieved 20 de septiembre de 2024, from <https://bit.ly/3Y9fA0x>
- Mundo Ferretero , I. (Mayo-Junio de 2022). www.mundoferretero.com.mx › index › economia. (A. Chimés Fernández, Ed.) Mundo Ferretero(4), 5-6. Retrieved 19 de Jnio de 2024, from bit.ly/4gRUtqW
- Rodríguez, P. (23 de septiembre de 2024). Venta de muebles en Durango cayó 17 por ciento. Fabricantes Muebleros . (C. Barrientos, Entrevistador, & S. d. Durango, Editor) Durango, Durango, México: Siglo de Durango. Retrieved 3 de octubre de 2024, from <https://www.elsiglodedurango.com.mx/noticia/2024/venta-de-muebles-cayo-17-por-ciento.html>
- Sánchez, Á. (19 de Septiembre de 2023). DATACRM. (DATACRM, Editor) Retrieved 9 de julio de 2024, from <https://www.datacrm.com/blog/como-se-mide-la-productividad-en-una-empresa/>
- Sevilla Arias, A. (23 de Enero de 2024). economipedia.com. (U. A. Peiro, Editor, & economipedia) Retrieved 7 de Julio de 2023, from bit.ly/3XTRqG6

DESARROLLO SUSTENTABLE Y BIENESTAR SOCIAL

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sustentable y el bienestar social son dos conceptos estrechamente vinculados que representan las bases para la construcción de un futuro equilibrado y justo para las generaciones presentes y futuras. En un medio donde los desafíos medioambientales, sociales y económicos son cada vez más complejos, es importante entender cómo estos dos elementos se interrelacionan. El desarrollo sustentable no solo busca la preservación del medio ambiente, sino también garantizar el acceso a recursos y oportunidades para todas las personas, sin comprometer las necesidades de quienes aún no tienen acceso a ellos.

Por su parte, el bienestar social hace referencia a la calidad de vida de las comunidades y de sus habitantes, abarcando no solo aspectos económicos, sino también sociales, culturales y emocionales.

Para lograr un desarrollo que sea a la vez sostenible y socialmente inclusivo, es necesario integrar las necesidades del medio ambiente y las necesidades humanas en un solo proceso de planificación y acción. Esto implica adoptar modelos de producción y consumo responsables, fomentar la igualdad social, y asegurar el acceso a servicios básicos para todas las personas.

La integración de ambos enfoques, bajo el marco de la sostenibilidad, es esencial para lograr un desarrollo que no solo sea económicamente viable, sino también justo y respetuoso con el entorno. En este contexto, el bienestar social se convierte en un componente crucial, ya que un desarrollo sustentable no puede ser alcanzado sin la participación activa de las sociedades en su conjunto, promoviendo la equidad, la justicia social y la participación comunitaria.

Este enfoque integral es clave para abordar los retos globales del siglo XXI, como el cambio climático, la carencia de acceso a servicios esenciales, la desigualdad y la pobreza, al mismo tiempo que se garantiza un porvenir más justo y saludable para todos.

Es fundamental que ambos conceptos sean integrados en las políticas públicas, la economía y la vida cotidiana, ya que su interdependencia es la clave para garantizar que todos los seres humanos puedan disfrutar un porvenir con una buena calidad de vida, mientras se conserva el medio ambiente para las futuras generaciones.

USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO APOYO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

José Gabriel Rodríguez Rivas

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / gabriel.rodriguez@itdurango.edu.mx

Rubén Pizarro Gurrola

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / rpizarro@itdurango.edu.mx

Jeorgina Calzada Terrones

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / jcalzada@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

La inteligencia artificial generativa se posiciona como un recurso valioso para que los docentes desarrollen de una manera más rápida contenidos educativos para sus asignaturas. El objetivo de esta investigación es adaptar y validar un instrumento basado en el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) para medir el nivel de aceptación de ChatGPT como herramienta de apoyo para los docentes del ITD. El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo, con un diseño no experimental y transversal. Se utilizó el estadístico alfa de Cronbach para verificar la confiabilidad del instrumento y arrojó un valor de 0.984, lo que indica una confiabilidad excelente. Los resultados del estudio reflejan una aceptación generalizada de ChatGPT entre los docentes, destacándose percepciones positivas sobre su utilidad y facilidad de uso.

Palabras claves: Inteligencia Artificial Generativa, ChatGPT, Educación Superior, TAM.

ABSTRACT

Generative artificial intelligence is positioned as a valuable resource for teachers to develop educational content for their subjects more quickly. The objective of this research is to adapt and validate an instrument based on the Technology Acceptance Model (TAM) to measure the level of acceptance of ChatGPT as a support tool for ITD teachers. The study was conducted under a quantitative, descriptive approach, with a non-experimental and cross-sectional design. Cronbach's alpha statistic was used to verify the reliability of the instrument and yielded a value of 0.984, indicating excellent reliability. The results of the study reflect a widespread acceptance of ChatGPT among teachers, highlighting positive perceptions about its usefulness and ease of use.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, ChatGPT, Higher Education, TAM

INTRODUCCIÓN

La educación en el siglo XXI está marcada por una transformación impulsada por la tecnología, lo que ha llevado a redefinir las prácticas pedagógicas y las metodologías de enseñanza. La integración de herramientas tecnológicas se ha vuelto esencial para satisfacer las demandas de una sociedad cada vez más digitalizada y conectada. Una de las tecnologías emergentes con un impacto significativo en la educación superior es la inteligencia artificial (IA) generativa, que ha demostrado ser un recurso poderoso para los docentes en la creación de contenidos para sus asignaturas.

En este contexto, la inteligencia artificial ha optimizado los procesos educativos permitiendo a los docentes ahorrar tiempo y recursos, lo cual les facilita enfocarse en actividades propias de la docencia. (Aparicio-Gómez, 2023). El uso de IA generativa en la educación superior va más allá de la simple automatización de tareas; representa una oportunidad para innovar en el diseño curricular y en la generación de contenidos.

ChatGPT es una aplicación de chatbot basada en inteligencia artificial desarrollada por OpenAI, enfocada en generar contenido de manera coherente y natural, respondiendo a las instrucciones que recibe. Permite automatizar y mejorar una amplia variedad de tareas, desde la traducción de idiomas, redacción de contenidos, creación de sitios web, diseño de imágenes, generación de código de programación, entre otros (OpenAI, 2022). En este sentido, los docentes pueden utilizar herramientas como ChatGPT para desarrollar guías de estudio, ejercicios personalizados, textos explicativos que enriquecen el proceso de aprendizaje (Dwivedi et al., 2021). Esta capacidad de generar contenido de manera rápida y adaptable permite a los docentes enfocarse en aspectos más estratégicos de la enseñanza, como la mejora de la interacción con los estudiantes.

ChatGPT ofrece a los usuarios una experiencia completamente distinta en comparación con las tecnologías de inteligencia artificial basadas en búsquedas tradicionales, como Google u otras plataformas web. Mientras que las tecnologías de búsqueda se encargan de seleccionar y organizar un conjunto de contenidos creados por humanos en respuesta a las consultas, ChatGPT genera respuestas directas y personalizadas basadas en un extenso aprendizaje de patrones lingüísticos (Giannini, 2023).

El uso de la IA en la educación tiene ventajas significativas, pero también algunas implicaciones éticas (Adiguzel et al., 2023), al mismo tiempo, genera dudas sobre la veracidad de la información producida (Diego et al., 2023). El Consenso de Beijing en inteligencia artificial y educación destaca la necesidad de integrar la inteligencia artificial en los sistemas educativos para innovar en la enseñanza y establece que el desarrollo de la IA sea diseñado de manera ética, no discriminatoria, equitativa, transparente y auditable (UNESCO, 2019).

Por otro lado, el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) es un marco teórico diseñado para explicar cómo los usuarios adoptan y utilizan nuevas tecnologías. Fue propuesto por Fred Davis en 1986 y desarrollado formalmente en 1989 junto con Richard Bagozzi y Paul Warshaw (Davis, 1989). El TAM se basa en dos constructos principales: la “percepción de utilidad” (Perceived Usefulness), que se refiere al grado en que una persona cree que usar una tecnología mejorará su desempeño laboral, y la “percepción de facilidad de uso” (Perceived Ease of Use), que se refiere a la medida en que una persona cree que utilizar una tecnología será libre de esfuerzo (Davis, 1989).

A lo largo de los años, el TAM ha sido adaptado para múltiples propósitos para abarcar diferentes tipos de tecnologías y situaciones de uso. Por ejemplo, el TAM2 añadió la influencia de variables sociales y cognitivas como la influencia social y la calidad de los resultados, lo que ayuda a explicar mejor la aceptación tecnológica en entornos organizacionales (Venkatesh & Davis, 2000). El UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), una extensión más amplia del TAM que incluye factores como la expectativa de rendimiento, la expectativa de esfuerzo, la influencia social y las condiciones facilitadoras (Venkatesh et al., 2003).

De los instrumentos disponibles para medir la aceptación de la tecnología, se decidió utilizar el modelo TAM porque permite identificar directamente los factores esenciales que influyen en la aceptación de una tecnología, centrándose en dos dimensiones clave: la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida. Este enfoque es suficiente para comprender las percepciones iniciales de los docentes sin necesidad de incorporar múltiples variables. Además, el TAM ha demostrado ser efectivo en entornos académicos y educativos, donde las tecnologías se adoptan con frecuencia

para apoyar tareas específicas. Por otro lado, su estructura básica facilita la creación y validación de instrumentos, que se ajusten a los objetivos del estudio (Al-kfairy, 2024).

Para abordar la aceptación del uso de ChatGPT como herramienta de apoyo entre los docentes del Instituto Tecnológico de Durango (ITD), resulta esencial contar con un instrumento que sea confiable y válido para esta evaluación. En este contexto, se establece el siguiente objetivo: Adaptar y validar un instrumento basado en el modelo TAM para medir el nivel de aceptación de ChatGPT como herramienta de apoyo para los docentes del ITD.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal que de acuerdo con lo expresado por Hernández et al. (2018), se emplean para analizar las variables en un momento específico y de tipo descriptivo para establecer la distribución de las variables de la población (Briones, 2002). En cuanto al diseño de la investigación se realizó bajo un enfoque instrumental que engloban los trabajos que desarrollan, analizan, adaptan, validan o traducen instrumentos de medición (Montero & León, 2002).

El proceso de diseño y adaptación del instrumento TAM para medir el nivel de aceptación del uso de ChatGPT se llevó a cabo en tres etapas principales: la adaptación del modelo original, la validación por expertos y la aplicación de una prueba piloto.

En línea con el objetivo, se plantea la siguiente hipótesis de investigación: El instrumento adaptado y validado a partir del modelo TAM, es confiable y válido para medir el nivel de aceptación del uso de ChatGPT como herramienta de apoyo para los profesores del ITD.

- H_0 : El instrumento no es confiable para medir la aceptación del uso de ChatGPT ($\alpha \leq 0.70$).
- H_1 : El instrumento es confiable para medir la aceptación del uso de ChatGPT ($\alpha > 0.70$).

Adaptación del instrumento

Este proceso incluyó la modificación de los constructos originales del TAM para ajustarlos al contexto del uso de ChatGPT en la educación superior. En este sentido, se realizó una revisión del TAM con el objetivo de comprender los componentes del instrumento y realizar la adaptación y como resultado se obtuvo un cuestionario estructurado de manera similar a una escala tipo Likert con valores del 1 al 5 (Totalmente en desacuerdo a Totalmente de acuerdo), constituido por una serie de preguntas que abordan la “percepción de utilidad (UP)”, la “facilidad de uso percibida (FUP)”, la “Actitud hacia el uso (AU)” y la “Intención de uso (IU)”.

Validez de expertos

Para garantizar la validez de contenido, se realizó un panel de expertos formado por tres docentes con experiencia en el área, siguiendo la metodología descrita por Urrutia et al. (2015). El proceso de evaluación se realizó de forma individual mediante el método de agregados individuales, en donde cada experto aportó su valoración de manera independiente. Para la selección de los jueces se consideró su trayectoria académica y experiencia en investigación. Se les solicitó que evaluaran los ítems en 4 diferentes áreas: suficiencia, relevancia, claridad y coherencia utilizando la matriz de calificación formulado por Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez (2008).

Prueba piloto

La aplicación del instrumento se realizó con formularios de Google y se aplicó al inicio de un curso de introducción a ChatGPT en la semana de actualización docente, realizado del 17 al 21 de junio del 2024 en el Instituto Tecnológico de Durango. Después de recopilar los datos, se exportó la información al software estadístico SPSS, en donde se configuraron las variables y tipos de datos. La carga y procesamiento de los datos evidenció 25 casos válidos y ninguno fue excluido.

La confiabilidad del instrumento fue evaluada utilizando el estadístico alfa de Cronbach arrojando un valor de 0.984. Este valor garantiza la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos (Quero, 2010).

El instrumento también fue sometido al análisis de escala si se elimina un elemento, y en todos los ítems se observaron valores superiores a 0.981. Este procedimiento tiene como objetivo evaluar el impacto de cada ítem en la consistencia interna de la escala y se utiliza para determinar si algún ítem en particular no se relaciona adecuadamente con los demás ítems del instrumento (Cronbach, 1951).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el valor del alfa de Cronbach obtenido (0.984), que supera el umbral mínimo aceptable de 0.70, se concluye que hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Por lo tanto, el instrumento adaptado y validado a partir del modelo TAM es confiable para medir la aceptación del uso de ChatGPT como herramienta de apoyo docente entre los profesores del ITD.

El análisis descriptivo mostró que participaron 25 docentes. 17 son del sexo masculino y 8 del sexo femenino. La edad mínima fue de 35 y la edad máxima de 77, con una media de 57 y una desviación estándar de 10. En relación con la distribución de docentes por departamento académico, participaron 18 docentes del departamento de sistemas y computación, 2 de ciencias económico-administrativas, 2 de ciencias de la tierra, 1 de ciencias básicas, 1 de química-bioquímica y 1 de eléctrica-electrónica. La información obtenida en cuanto la percepción de utilidad, con una media de 4.07 (en una escala de 1 a 5) nos mostró que los docentes en su mayoría tienen una actitud positiva de ChatGPT para apoyar su labor docente, sin embargo, con una desviación estándar de 1.23 la evidencia muestra una dispersión notable en las opiniones de los docentes sobre la utilidad de la herramienta, es decir, algunos tienen una percepción menos favorable, aunque la mayoría lo ve de manera positiva.

La facilidad de uso de ChatGPT es percibida de manera positiva por los docentes, con una media 4.01 y una desviación estándar ligeramente menor al resto de las dimensiones, sugiere que los docentes en su mayoría están relativamente de acuerdo en que la herramienta es accesible y fácil de manejar. Estos valores los podemos observar en la tabla 1.

Tabla 1. Descriptivos por dimensión

| | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
|------------------------|--------|--------|-------|---------------------|
| Percepción de utilidad | 1.20 | 5.00 | 4.07 | 1.23 |
| Facilidad de uso | 1.20 | 5.00 | 4.01 | 1.11 |
| Actitud hacia el uso | 1.40 | 5.00 | 3.83 | 1.21 |
| Intención de uso | 1.20 | 5.00 | 3.95 | 1.33 |

Fuente: Elaboración propia

La actitud de los docentes hacia el uso de ChatGPT es significativamente positiva, aunque con una media inferior a la de las otras dimensiones de 3.83, lo que sugiere que algunos docentes podrían tener reservas sobre su uso. Por otra parte, una desviación estándar de 1.21 confirma que las actitudes varían entre los participantes, sugiriendo que no todos los docentes comparten el mismo nivel de entusiasmo.

En cuanto a la intención de uso con una media de 3.95, la evidencia mostró que los docentes muestran una intención positiva de seguir utilizando ChatGPT en el futuro. Sin embargo, con una desviación estándar de 1.33 (la mayor entre todas las dimensiones), indica que hay una mayor variabilidad entre los docentes en cuanto a su disposición para utilizar esta tecnología en el futuro, reflejando posiblemente diferencias en su experiencia o necesidades de uso.

En el análisis de los ítems con mayor aceptación, se resalta la primera pregunta, en donde el 68% de los docentes expresó estar completamente de acuerdo en que ChatGPT les ayuda en la generación de nuevas ideas. Este resultado sugiere que una de las principales ventajas percibidas de la herramienta es su capacidad para generar contenido original. Solo un pequeño porcentaje (24%) manifiesta estar en desacuerdo, lo que indica que, si bien hay disconformidad, la aceptación general es alta.

De manera similar, en la pregunta 6, el 68% de los docentes considera que es fácil aprender a utilizar ChatGPT, lo que sugiere que la curva de aprendizaje para adoptar esta tecnología es baja. Esto es un punto fuerte, ya que facilita la adopción de la herramienta en diversos contextos educativos. No obstante, un pequeño grupo (16%) expresó total desacuerdo. Así mismo, en la pregunta 2, el 56% de los docentes consideró que ChatGPT incrementa su productividad en las tareas relacionadas con la educación superior. Por otro lado, un 20% permanece indiferente o en desacuerdo. Esto podría indicar que no todos los docentes han encontrado la manera de integrar ChatGPT en todas sus actividades de manera eficaz.

En la pregunta 20, el 56% de los docentes está totalmente de acuerdo en recomendar el uso de ChatGPT a sus colegas, mientras que un 24% está parcialmente de acuerdo, lo que demuestra una fuerte validación de la herramienta dentro del entorno académico. Únicamente un 4% está totalmente en desacuerdo y un 16% parcialmente en desacuerdo, lo que sugiere que la mayoría de los encuestados ve a ChatGPT como una herramienta beneficiosa para otros.

En el análisis de los ítems con menor aceptación, la pregunta 13 es la que obtuvo un mayor porcentaje de rechazo. Con un 32% de los docentes que tienen desconfianza en la precisión de las respuestas de ChatGPT. Este hecho puede estar relacionado con experiencias previas donde la herramienta no ofreció respuestas satisfactorias o con la naturaleza emergente de esta tecnología en la educación. Cabe mencionar que durante el transcurso del curso se realizaron pruebas de diversa índole y en un problema de cálculo de probabilidades usando la distribución binomial, realizó una mala interpretación de las variables. El razonamiento matemático de esta tecnología no siempre es el adecuado y en este sentido, Jiménez et al. (2023), señalan que existen sesgos en los datos de entrenamiento y limitaciones en el razonamiento lógico-matemático.

Por otro lado, en la pregunta 11 un 28% de los docentes está en desacuerdo o es indiferente en utilizar ChatGPT en sus actividades académicas, lo que sugiere que no todos los docentes comparten el mismo nivel de entusiasmo con la idea de utilizar ChatGPT en sus actividades académicas. De manera similar, en la pregunta 14, un 16% está totalmente en desacuerdo y un 8% parcialmente en desacuerdo que la herramienta ayuda en su experiencia académica y de aprendizaje.

Un hallazgo relevante es que el 68% de los docentes considera que ChatGPT les ayuda a generar nuevas ideas, lo que resalta una de las ventajas más valoradas de la herramienta. Además, el 68% opina que es fácil aprender a usar ChatGPT, lo que refuerza su percepción como una tecnología accesible. Los valores de todos los ítems se pueden observar en la tabla 2.

Tabla 2. Respuestas por ítem

| # | Ítem | Respuesta | | | | | Media |
|---|--|-----------|---|---|----|----|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | ChatGPT me ayuda a generar ideas nuevas y útiles para mi investigación o trabajo académico | 3 | 3 | 0 | 2 | 17 | 4.1 |
| 2 | Creo que utilizar ChatGPT mejora mi productividad en tareas relacionadas con la educación superior. | 2 | 1 | 2 | 6 | 14 | 4.2 |
| 3 | Considero que ChatGPT facilita la búsqueda y recopilación de información relevante para mis proyectos. | 3 | 2 | 1 | 6 | 13 | 4.0 |
| 4 | Utilizar ChatGPT me permite explorar conceptos y temas de manera más profunda y completa. | 2 | 1 | 1 | 10 | 11 | 4.1 |
| 5 | ChatGPT mejora mi capacidad para comprender y abordar problemas complejos en mi área | 2 | 1 | 1 | 10 | 11 | 4.1 |
| 6 | Encuentro que es fácil aprender a utilizar ChatGPT. | 4 | 0 | 0 | 4 | 17 | 4.2 |
| 7 | La interfaz de ChatGPT es intuitiva y fácil de navegar | 2 | 2 | 2 | 6 | 13 | 4.0 |
| 8 | No tengo dificultades para formular preguntas o solicitar información a través de ChatGPT. | 2 | 1 | 0 | 11 | 11 | 4.1 |

| | | | | | | | |
|----|--|---|---|---|----|----|-----|
| 9 | En general, considero que utilizar ChatGPT requiere poco esfuerzo mental | 3 | 1 | 2 | 12 | 7 | 3.8 |
| 10 | Encuentro que ChatGPT responde rápidamente a mis consultas y solicitudes. | 2 | 3 | 0 | 10 | 10 | 3.9 |
| 11 | Me siento entusiasmado/a por la idea de utilizar ChatGPT en mis actividades académicas o de investigación. | 3 | 3 | 1 | 5 | 13 | 3.9 |
| 12 | Creo que ChatGPT es una herramienta valiosa que puede mejorar mi desempeño en la educación superior | 2 | 3 | 0 | 7 | 13 | 4.0 |
| 13 | Tengo confianza en la capacidad de ChatGPT para proporcionar respuestas precisas y útiles | 2 | 6 | 1 | 12 | 4 | 3.4 |
| 14 | Considero que utilizar ChatGPT enriquece mi experiencia de aprendizaje o investigación. | 4 | 2 | 1 | 4 | 14 | 3.9 |
| 15 | Me siento cómodo/a y seguro/a al interactuar con ChatGPT. | 1 | 2 | 2 | 12 | 8 | 4.0 |
| 16 | Planeo utilizar ChatGPT con frecuencia en el futuro para mis proyectos académicos o de investigación | 2 | 3 | 0 | 7 | 13 | 4.0 |
| 17 | Me veo utilizando ChatGPT regularmente como parte de mi rutina de trabajo en la educación superior. | 3 | 2 | 1 | 8 | 11 | 3.9 |
| 18 | Estoy motivado/a para explorar todas las capacidades y funciones de ChatGPT en mis actividades diarias. | 2 | 3 | 1 | 7 | 12 | 4.0 |
| 19 | Creo que ChatGPT será una herramienta indispensable en mi trabajo en la educación superior. | 3 | 1 | 1 | 11 | 9 | 3.9 |
| 20 | Recomendaría el uso de ChatGPT a mis colegas y compañeros de estudio en la educación superior. | 4 | 1 | 0 | 6 | 14 | 4.0 |

Fuente: Elaboración propia

Se observó cierta variabilidad en las respuestas, particularmente en las dimensiones de actitud e intención de uso, lo que sugiere diferencias en cómo los docentes perciben y están dispuestos a adoptar esta herramienta. Estos hallazgos permiten identificar tanto fortalezas en la aceptación de ChatGPT, así como áreas de mejora que podrían optimizar su integración en los procesos educativos. Los resultados muestran que la mayoría de los docentes valoran positivamente el uso de ChatGPT en su trabajo académico, destacando su potencial para mejorar el rendimiento y enriquecer la experiencia de aprendizaje y generación de contenidos educativos y concuerda con el estudio realizado por Dahri et al., (2024), donde encontró una alta aceptación de ChatGPT. En este sentido, la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida influyen positivamente en la actitud y la intención de usar ChatGPT (Alshurideha et al., 2024)

Por otra parte, en los ítems menos valorados el análisis mostró que aún existen dudas en cuanto a la precisión de las respuestas y la seguridad de algunos docentes al interactuar con la herramienta. Esto nos indica que existen áreas para mejorar en términos de capacitación y familiarización con la tecnología. En esta línea, las instituciones deben buscar integrar tecnologías innovadoras como ChatGPT en programas de desarrollo profesional docente (Alrishan, 2023), así mismo, los docentes deben conocer cómo integrar eficazmente ChatGPT en el proceso educativo (Alshurideha et al., 2024). No obstante, al igual que los educadores pueden usar ChatGPT para facilitar la labor docente, surgen dudas acerca de los estudiantes que usan esta tecnología. Estas inquietudes se centran en identificar si los estudiantes realmente están desarrollando y demostrando habilidades críticas y de conocimiento. Además, existe el riesgo de que no se pueda identificar claramente quién es el

verdadero autor de los contenidos generados, lo que podría facilitar el fraude académico (Serrano et al., 2024). Al mismo tiempo, la IA tiene el potencial de contribuir a la promoción de la originalidad y la integridad académica de diversas formas, ofreciendo herramientas que ayuden a los docentes a evitar y a detectar el plagio (Carrión et al., 2022).

Comparando con investigaciones similares, Al-kfairy (2024) y Dahri et al. (2024), encontraron una aceptación significativa de ChatGPT entre académicos, destacando su utilidad para generar contenido educativo y facilitar tareas docentes. Esto coincide con los resultados del presente estudio, donde el 68% de los docentes señaló que ChatGPT les ayuda a generar ideas nuevas.

Diversos autores (Terán, 2023), (Ibrahim et al., 2023), (Kooli, 2023), han planteado ciertas amenazas y desafíos con la implementación de tecnologías como ChatGPT en el ámbito educativo, originando una dependencia ciega de las herramientas de IA generativa, información inexacta o sesgada, disminución de la motivación, creatividad y el pensamiento crítico, entre otros. Además, estudios como el realizado por Taveras-Sánchez (2024), han identificado que ChatGPT puede afectar el trabajo en equipo y la socialización.

ChatGPT puede ser un aliado en la educación, ayudando a mejorar la comprensión y la creatividad de los docentes y de los estudiantes. Sin embargo, el uso excesivo puede llevar a una dependencia que afecte la autonomía y el pensamiento crítico (Jiménez et al., 2023). Además, ChatGPT y tecnologías similares tienen el potencial de desempeñar un papel clave en la promoción de la equidad educativa, al proporcionar a todos los estudiantes acceso a herramientas que pueden ayudarles a avanzar, garantizando que ningún alumno se quede rezagado (Saz-Pérez & Pizà-Mir, 2023).

Así mismo, el docente debe ser creativo y tener iniciativa para convertir la inteligencia artificial en una herramienta efectiva tanto para la práctica como para el aprendizaje de sus estudiantes (Chicaiza et al., 2023). Al mismo tiempo, la integración de la IA debe ser vista como una evolución pedagógica más que como un simple avance tecnológico (Grájeda et al., 2023). De igual manera, debe verse como una herramienta complementaria en lugar de un reemplazo total de las prácticas educativas tradicionales (Farrokhnia et al., 2024).

En resumen, aunque los resultados respaldan el potencial de ChatGPT para enriquecer el proceso educativo, también destacan áreas de mejora, como la necesidad de fortalecer la confianza en la herramienta y proporcionar capacitación adecuada para maximizar su impacto. La comparación con estudios previos subraya que estos desafíos no son exclusivos del ITD, sino que reflejan tendencias globales en la adopción de tecnologías educativas emergentes.

CONCLUSIONES

En primer lugar, el instrumento diseñado y validado tomando como base el modelo TAM para medir la aceptación del uso de ChatGPT por parte de los docentes del ITD, mostró resultados satisfactorios en términos de confiabilidad. El proceso de validación se llevó a cabo mediante la evaluación de expertos y el alfa de Cronbach. Con un valor de 0.984, nos indica una alta consistencia interna entre los ítems del cuestionario. Esto sugiere que el instrumento es altamente confiable para aplicarse en un grupo más amplio de docentes en la institución.

Por otra parte, los resultados del estudio muestran una aceptación generalizada de ChatGPT entre los docentes, con actitudes más favorables hacia la utilidad y facilidad de uso percibida, sin embargo, una menor valoración en cuanto a la actitud de uso y la intención de uso destaca la necesidad de identificar las barreras específicas que podrían estar afectando a ciertos docentes para mejorar su disposición al uso de la herramienta.

Finalmente, después de aplicar la prueba piloto y comprobar la alta confiabilidad del instrumento a través del análisis del alfa de Cronbach, se recomienda proceder con la aplicación del cuestionario a un sector más amplio de docentes de los diferentes departamentos académicos de la institución. Esto permitirá obtener una visión más representativa de la aceptación de ChatGPT en diversas áreas del conocimiento. Además, ampliar la muestra incluiría una mayor variedad de perspectivas y proporcionaría resultados más robustos que reflejen las particularidades y necesidades específicas de los distintos campos académicos de la institución.

REFERENCIAS

- Adiguzel, T., Kaya, M. H., & Cansu, F. K. (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. In *Contemporary Educational Technology* (Vol. 15, Issue 3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/13152>
- Al-kfairy, M. (2024). Factors Impacting the Adoption and Acceptance of ChatGPT in Educational Settings: A Narrative Review of Empirical Studies. *Applied System Innovation*, 7(6), 110. <https://doi.org/10.3390/asi7060110>
- Alrishan, A. M. H. (2023). Determinants of Intention to Use ChatGPT for Professional Development among Omani EFL Pre-service Teachers. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(12), 187–209. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.12.10>
- Alshurideha, M., Jdaitawia, A., Sukkaric, L., Al-Gasaymehd, A., Alzoubie, H., Damrab, Y., Yasinb, S., Al Kurdia, B., & Alshurideha, H. (2024). Factors affecting ChatGPT use in education employing TAM: A Jordanian universities' perspective. *International Journal of Data and Network Science*, 8, 1599–1606.
- Aparicio-Gómez, W. O. (2023). La Inteligencia Artificial y su Incidencia en la Educación: Transformando el Aprendizaje para el Siglo XXI. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(2). <https://doi.org/10.51660/ripie.v3i2.133>
- Briones, G. (2002). Metodología de la investigación cuantitativa en las ciencias sociales. In *Nature* (Vol. 22, Issue 6).
- Carrión, E. W. E., Bravo, B. V., Yáñez, R. M. E., & Beltrán, B. C. E. (2022). Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Preservación de la Originalidad y la Integridad Académica en estudiantes Universitarios. *Journal of Science and Resear*, 7(2).
- Chicaiza, R. M., Camacho Castillo, L. A., Ghose, G., & Castro Magayanes, I. E. (2023). Aplicaciones de Chat GPT como inteligencia artificial para el aprendizaje de idioma inglés: avances, desafíos y perspectivas futuras. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.781>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3). <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Dahri, N. A., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., Aldraiweesh, A., Alturki, U., Almutairy, S., Shutaleva, A., & Soomro, R. B. (2024a). Extended TAM based acceptance of AI-Powered ChatGPT for supporting metacognitive self-regulated learning in education: A mixed-methods study. *Heliyon*, 10(8), e29317. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29317>
- Dahri, N. A., Yahaya, N., Al-Rahmi, W. M., Aldraiweesh, A., Alturki, U., Almutairy, S., Shutaleva, A., & Soomro, R. B. (2024b). Extended TAM based acceptance of AI-Powered ChatGPT for supporting metacognitive self-regulated learning in education: A mixed-methods study. *Heliyon*, 10(8), e29317. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29317>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Rerceived Ease of Use and User Acceptance of Information Tehnology, Management Information System Quarterly. In *Journal MIS Quarterly: Management Information Systems* (Vol. 13, Issue 3). Management Information Systems Research Center.
- Diego, F., Morales, I., & Vidal, M. (2023). Chat GPT: origen, evolución, retos e impactos en la educación. *Educación Médica Superior*, 37(2).

- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., Duan, Y., Dwivedi, R., Edwards, J., Eirug, A., Galanos, V., Ilavarasan, P. V., Janssen, M., Jones, P., Kar, A. K., Kizgin, H., Kronemann, B., Lal, B., Lucini, B., ... Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez De Contenido Y Juicio De Expertos: Una Aproximación a Su Utilización. *Avances En Medición*, 6.
- Farrokhnia, M., Banihashem, S. K., Noroozi, O., & Wals, A. (2024). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. *Innovations in Education and Teaching International*, 61(3), 460–474. <https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846>
- Giannini, S. (2023). La IA generativa y el futuro de la educación. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385877_spa
- Grájeda, A., Burgos, J., Córdova, P., & Sanjinés, A. (2023). Assessing student-perceived impact of using artificial intelligence tools: Construction of a synthetic index of application in higher education. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2287917>
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Ibrahim, H., Asim, R., Zaffar, F., Rahwan, T., & Zaki, Y. (2023). Rethinking Homework in the Age of Artificial Intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 38(2). <https://doi.org/10.1109/MIS.2023.3255599>
- Jiménez, L. L., López-Gómez, J. A., Martín-Baos, J. Á., Romero, F. P., & Serrano-Guerrero, J. (2023). ChatGPT: reflexiones sobre la irrupción de la inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria. *Actas de Las JENUI 2023*, 8.
- Kooli, C. (2023). Chatbots in Education and Research: A Critical Examination of Ethical Implications and Solutions. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15075614>
- Montero, I., & León, O. G. (2002). Clasificación y descripción de las metodologías de investigación en psicología. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de La Salud*, 2(3).
- OpenAI. (2022). Introducing ChatGPT. <https://openai.com/index/chatgpt/>
- Quero, V. M. (2010). Confiabilidad y coeficiente Alpha de Cronbach Milto. *TELOS.Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 12. <https://www.redalyc.org/pdf/993/99315569010.pdf>
- Saz-Pérez, F., & Pizà-Mir, B. (2023). Desafiando el estado del arte en el uso de ChatGPT en educación en el año 2023. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, 17(1). <https://doi.org/10.1344/reire.44018>
- Serrano, M. Á., Santos, O. A., García R. D., Sánchez, L. E., Blanco Bueno, C. , & Fernández-Medina P. E. (2024). Uso de ChatGPT en la enseñanza universitaria de informática: ventajas y desventajas. *Actas de Las Jornadas Sobre Enseñanza Universitaria de La Informática*, 232–240.
- Taveras-Sánchez, B. Y. (2024). Actitud hacia el uso académico del ChatGPT de docentes en formación de República Dominicana. *Ciencia y Educación*, 8(2), 5–26. <https://doi.org/10.22206/cyed.2024.v8i2.3008>

- Terán, H. (2023). La implementación de la Inteligencia Artificial en la enseñanza de la programación. Un estudio sobre el uso ético de ChatGPT en el aula. <https://doi.org/10.26507/paper.2768>
- UNESCO. (2019). Beijing Consensus on artificial intelligence and education. Planning Education in the AI Era: Lead the Leap. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368303>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). Theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2). <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 27(3). <https://doi.org/10.2307/30036540>

EL IMPACTO DE LA CONECTIVIDAD EN RELACIÓN CON EL POTENCIAL COMPETITIVO DE LA REGIÓN NORESTE DEL ESTADO DE SONORA

Andrea Guadalupe Hurtado Arvizu

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta / a.hurtado@aguaprieta.tecnm.mx

Elizabeth Santillán Tarazón

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta / e.santillan@aguaprieta.tecnm.mx

RESÚMEN

La relación entre infraestructura tecnológica y competitividad ha sido ampliamente investigada a nivel global, revelando que la conectividad digital y el manejo de información son claves para desarrollar el potencial competitivo de la industria regional. Este estudio tiene como objetivo determinar el impacto de la conectividad en el potencial competitivo de la región fronteriza noreste del estado de Sonora, evaluando la influencia de los indicadores de conectividad y manejo de información en la competitividad regional mediante una evaluación detallada de su estado actual. Aborda un tema de alta relevancia en el contexto actual, donde la conectividad y la tecnología son pilares fundamentales para el desarrollo regional y empresarial. La importancia del estudio radica en su capacidad para proporcionar datos empíricos y análisis objetivos que puedan informar la toma de decisiones por parte de autoridades locales, empresas y otros actores relevantes. El enfoque del estudio será cualitativo y descriptivo, proporcionando una evaluación instantánea del potencial competitivo de la región mediante la identificación de factores clave en un único punto temporal. Los resultados de esta investigación proporcionarán una evaluación detallada del estado actual de la conectividad en la región, identificando las deficiencias y desafíos actuales que enfrentan las empresas locales

Palabras clave: conectividad digital, competitividad regional, infraestructura tecnológica.

ABSTRACT

The relationship between technological infrastructure and competitiveness has been widely researched globally, revealing that digital connectivity and information management are key to unlocking the competitive potential of regional industries. This study aims to determine the impact of connectivity on the competitive potential of the northeastern border region of the state of Sonora, evaluating the influence of connectivity and information management indicators on regional competitiveness through a detailed assessment of their current state. It addresses a highly relevant topic in today's context, where connectivity and technology are fundamental pillars for regional and business development.

The importance of this study lies in its ability to provide empirical data and objective analysis that can guide decision-making by local authorities, companies, and other relevant stakeholders. The study will adopt a qualitative and descriptive approach, offering a snapshot evaluation of the

region's competitive potential by identifying key factors at a single point in time. The results of this research will deliver a detailed assessment of the current state of connectivity in the region, identifying existing deficiencies and challenges faced by local businesses.

Keywords: Digital connectivity, regional competitiveness, technological infrastructure.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio es analizar el impacto de la conectividad digital en el potencial competitivo de la región fronteriza noreste del estado de Sonora. Para ello, se examina la relación entre los indicadores de infraestructura tecnológica y su influencia en el desarrollo competitivo regional, utilizando Agua Prieta como caso de estudio representativo.

Las sociedades tecnológicas inclusivas aprovechan diversas perspectivas para mejorar la innovación, promover el acceso equitativo y fomentar entornos en los que todas las personas puedan contribuir a los avances tecnológicos y beneficiarse de ellos (Leibnitz, 2022). Las tecnologías digitales pueden empoderar a los ciudadanos, mejorar la accesibilidad y promover la participación, facilitando así la innovación social inclusiva y permitiendo a las personas desfavorecidas acceder a la información, los servicios y los recursos de manera efectiva (Caon, 2021). La configuración de los sistemas de innovación inclusivos implica la integración de los conocimientos tradicionales y científicos, que pueden impulsar el desarrollo sostenible y la inclusión social (Morales & Velásquez, 2023).

Si bien el potencial de la digitalización para fomentar la inclusión es significativo, persisten los desafíos. Sin intervenciones específicas, persiste el riesgo de exacerbar las desigualdades existentes, por lo que se requiere un esfuerzo concertado de todas las partes interesadas para garantizar un acceso equitativo a los recursos digitales (Zelenev, 2022).

El potencial de la digitalización es un indicador clave para medir la competitividad de las regiones, ya que la infraestructura tecnológica juega un papel crucial al garantizar el acceso a servicios digitales que promueven sociedades más inclusivas. La digitalización de servicios y la infraestructura asociada no solo impulsan el crecimiento económico, sino que también contribuyen a una mejor distribución del ingreso y a la inclusión social, particularmente en sectores rezagados. Invertir en tecnologías digitales en áreas clave, como transporte y energía, facilita una mayor equidad en el acceso a oportunidades y servicios, lo que resulta fundamental para reducir las brechas de desarrollo y mejorar la calidad de vida (CAF, 2021; BID, 2023).

Además, las soluciones digitales permiten no solo mejorar la competitividad económica, sino también promover una mejor gobernanza y una inclusión más amplia, asegurando que los beneficios de la digitalización se distribuyan equitativamente entre todos los sectores de la sociedad (Banco Mundial, 2023).

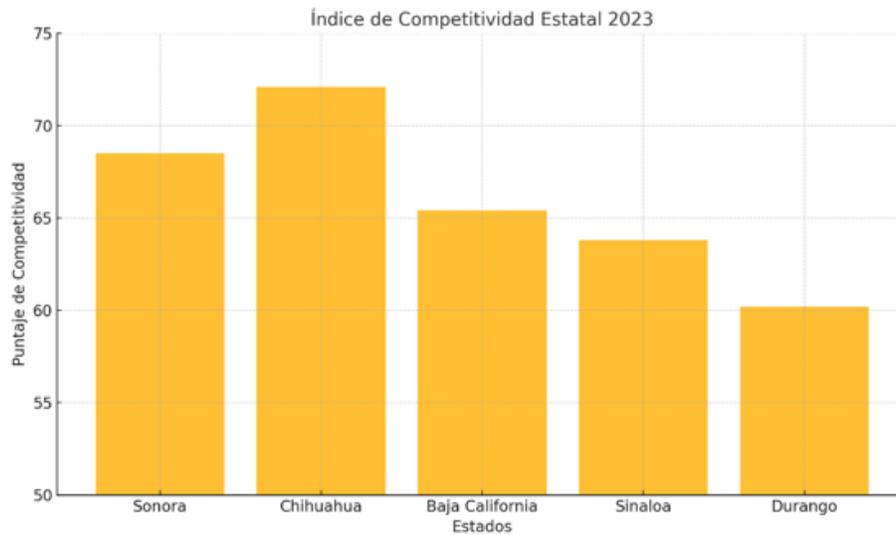
Primeramente, es importante denotar qué es competitividad, según la RAE (2023), competitividad es la “capacidad de competir” o la “rivalidad para la consecución de un fin”, con base en esto y derivado de poder medir la competitividad, Michael Porter (2015) afirma que la competitividad depende de la capacidad de la industria para innovar y mejorar; las compañías a su vez ganan ventajas sobre los mejores competidores del mundo debido a la presión y al reto.

La escasez de esfuerzos dirigidos a la valoración objetiva de índices del potencial competitivo, en la región fronteriza noreste de Sonora, genera una necesidad de investigación del tema para la determinación del impacto de los índices en la competitividad. La competitividad regional es un concepto multifacético que abarca la capacidad de una región para generar ingresos, empleo y crecimiento sostenible en un contexto globalizado. Según el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO, 2023), el índice de competitividad estatal evalúa elementos como la infraestructura, la conectividad digital y la innovación.

En el caso del estado de Sonora, la conectividad digital y la infraestructura tecnológica desempeñan un papel clave en la competitividad regional, ya que facilitan el acceso a mercados internacionales, optimizan los procesos de producción y mejoran la eficiencia empresarial. La Figura 1 muestra cómo

Sonora se posiciona frente a otros estados en términos de competitividad, destacando la importancia de inversiones estratégicas en infraestructura tecnológica para cerrar brechas y fomentar un desarrollo más equitativo.

Figura 1. Índice de Competitividad Estatal 2023.



Fuente: Datos obtenidos del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO)(2023).

Según Turban, Volonino, Wood y Sipior (2015), la conectividad en la infraestructura tecnológica abarca las tecnologías y servicios que permiten la comunicación entre sistemas y dispositivos, incluyendo redes de área local (LAN), redes de área amplia (WAN), internet y otras formas de interconexión digital.

El impacto de la conectividad digital como infraestructura tecnológica en el potencial competitivo de la región fronteriza noreste del estado de Sonora es fundamental basado en la relación entre la infraestructura tecnológica y la competitividad desde diferentes perspectivas y contextos.

Según González y Hernández (2019), una mejor infraestructura tecnológica es fundamental para el crecimiento económico, reafirmando la necesidad de inversiones en este ámbito para impulsar el desarrollo regional. De ahí la importancia que existe en el desarrollo económico de las regiones fronterizas basándose en la necesidad de una infraestructura tecnológica para su incremento.

El noreste del estado de Sonora, una región fronteriza con Estados Unidos presenta características únicas que influyen en su desarrollo económico y competitivo. La conectividad, tanto en términos de infraestructura física como de tecnologías de información y comunicación, juega un papel crucial en el potencial competitivo de esta región, considerando diversos aspectos como la innovación, la vinculación con mercados internacionales y el desarrollo económico regional.

La conectividad es un factor clave en el desarrollo regional, facilitando el acceso a mercados, mejorando la eficiencia en la producción y distribución, y fomentando la innovación. En el caso de Sonora, la infraestructura de transporte y las redes de comunicación avanzadas son esenciales para aprovechar su posición estratégica como frontera con Estados Unidos.

La región noreste de Sonora ha experimentado un desarrollo industrial significativo, particularmente en sectores de alta tecnología como el automotriz y el aeroespacial. Este crecimiento ha sido impulsado por la disponibilidad de una fuerza laboral calificada y una infraestructura adecuada que permite la integración de Sonora en cadenas globales de valor (Rodríguez et al., 2024)

La investigación se basa en la premisa de que la conectividad digital, como parte de la infraestructura tecnológica, es un catalizador clave para la competitividad regional. Según Porter (2015), la competitividad depende de la capacidad de las industrias para innovar y mejorar, lo cual está intrínsecamente ligado a la disponibilidad de tecnologías avanzadas y acceso a redes de comunicación eficientes (González & Hernández, 2019). En el contexto de Agua Prieta, se considera que la conectividad digital no solo influye en el desarrollo empresarial, sino que también fomenta la inclusión social y el acceso a mercados globales. Este marco teórico permite analizar cómo la infraestructura tecnológica impacta tanto en el desarrollo económico como en el potencial competitivo de la región.

La disponibilidad de redes de telecomunicaciones eficientes reduce los costos de transacción y mejora la productividad de las empresas. Este es un aspecto crucial, ya que una infraestructura tecnológica sólida permite a las industrias locales competir en sectores intensivos en conocimiento y tecnología de punta (Gobierno de México, 2018). Además, Sonora se beneficia de su alta conectividad, particularmente en áreas urbanas como Hermosillo, donde la casi totalidad de la población está conectada, impulsando la innovación y el desarrollo económico (El Sol de Hermosillo, 2023).

Una buena infraestructura de comunicación permite a las empresas coordinar mejor sus actividades y acceder a información en tiempo real, lo cual es crucial para la toma de decisiones estratégicas. La integración de las TIC puede crear nuevas oportunidades para la toma de decisiones, lo que permite una respuesta más ágil a los cambios del mercado (Zamlynskyi et al., 2022).

En el contexto de Sonora, la inversión en infraestructura ha mostrado una correlación positiva con el crecimiento económico regional. Las empresas beneficiarias de programas de apoyo a la innovación, como el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), han mostrado un mejor desempeño cuando cuentan con una sólida infraestructura de apoyo (Rodríguez et al., 2024)

El impacto de la conectividad en el desarrollo regional se manifiesta en varios aspectos. Primero, mejora la eficiencia y productividad de las empresas al facilitar el acceso a tecnologías avanzadas y prácticas de gestión modernas. Segundo, promueve la inclusión social al conectar comunidades rurales con centros urbanos, permitiendo una distribución más equitativa de los recursos y oportunidades (Martínez, Gómez, & Ríos, 2024). Tercero, atrae inversiones extranjeras directas al ofrecer una infraestructura adecuada para las operaciones empresariales (Foster & Duncan, 2024).

En Sonora, la inversión en TIC ha permitido a las empresas mejorar sus procesos productivos y acceder a nuevos mercados. Además, la colaboración con universidades y centros de investigación ha facilitado la transferencia de conocimientos y la innovación (Rodríguez et al., 2024)

El desarrollo económico de Sonora ha sido influenciado significativamente por la transformación de su estructura productiva, pasando de una economía predominantemente agrícola a una industrial con alta tecnología. Este cambio ha sido facilitado por inversiones en infraestructura de conectividad, tanto en transporte como en telecomunicaciones (Rodríguez y Peña, 2023). La evolución del Producto Interno Bruto (PIB) de Sonora entre 1970 y 2016 refleja esta transición, destacándose un crecimiento sustancial en el sector industrial, el cual supera al sector primario en términos de contribución económica.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio emplea un enfoque cualitativo para analizar las perspectivas estratégicas de los proveedores de servicios de internet sobre el rol de la infraestructura tecnológica como motor de competitividad en Agua Prieta. Se realizan entrevistas semiestructuradas con los dos principales proveedores, con el objetivo de recopilar información sobre sus experiencias y percepciones acerca del impacto de la conectividad digital en el desarrollo regional y la competitividad local.

La investigación está basada en la toma de muestreo que permite identificar las relaciones causales entre las variables observables y la competitividad, proporcionando una comprensión más profunda de los factores que influyen en la competitividad. La toma de la muestra se realizó buscando el fundamento que ejemplifique la disponibilidad de la conectividad digital en la región noroeste del estado de Sonora, particularmente en el municipio de Agua Prieta, las características de infraestructura tecnológica que brindan y poseen los distribuidores del servicio y el impacto que tiene en la competitividad regional, realizando un análisis de contenido cualitativo.

El estudio adopta un enfoque cualitativo exploratorio-descriptivo, diseñado para analizar el impacto de la infraestructura tecnológica en la competitividad regional. Este enfoque es adecuado para indagar en profundidad sobre las percepciones y experiencias de actores clave, en este caso, los principales y únicos proveedores de servicios de internet en Agua Prieta, Sonora.

Se empleó un muestreo intencional (no probabilístico), seleccionando a los dos principales proveedores de servicios de internet en la región, con base en su papel estratégico en la provisión

de infraestructura tecnológica. Esta decisión responde a la necesidad de captar las perspectivas de los actores más influyentes en la conectividad digital de la región.

Las entrevistas fueron diseñadas en función de los objetivos de la investigación y validadas mediante un proceso de revisión por expertos. Se consultaron a especialistas en conectividad digital y competitividad para garantizar que las preguntas fueran claras, pertinentes y alineadas con las variables a estudiar.

El análisis cualitativo se llevó a cabo utilizando un análisis de contenido, con las siguientes medidas para garantizar la validez:

Triangulación: Se contrastaron las respuestas obtenidas en las entrevistas con datos documentales, como reportes de conectividad regional y estudios socioeconómicos locales.

Revisión Cruzada: Se involucraron al menos dos investigadores en el análisis para garantizar la consistencia en la codificación y categorización de los datos.

Transparencia del Proceso: Se documentaron todos los pasos del análisis, desde la transcripción de las entrevistas hasta la interpretación de los resultados, para asegurar la trazabilidad del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos indican que la conectividad digital tiene un impacto significativo en la competitividad de la región noreste de Sonora. Según los datos obtenidos (Figura 2), el 75% de los hogares en Agua Prieta cuentan con acceso a internet, pero esta cifra se reduce considerablemente en comunidades rurales.

Los proveedores entrevistados destacaron que la conectividad ha permitido a las empresas locales optimizar sus procesos productivos y acceder a mercados internacionales. Sin embargo, identificaron como principal reto la expansión de infraestructura en áreas de difícil acceso, debido a los altos costos y la falta de apoyo gubernamental.

Estos resultados se alinean con el marco teórico planteado por Porter (2015), quien señala que la innovación tecnológica es un motor clave para la competitividad. En el caso de Agua Prieta, se observa que la conectividad digital no solo fomenta el crecimiento económico, sino que también contribuye a la inclusión social y la equidad en el acceso a oportunidades.

La región fronteriza noreste de Sonora se beneficia considerablemente de su proximidad a los Estados Unidos, lo que le proporciona una ventaja competitiva significativa. Esta cercanía no solo facilita el acceso a uno de los mercados más grandes del mundo, sino que también impulsa el desarrollo económico de la región a través de oportunidades de inversión extranjera directa y el crecimiento de industrias como la manufactura y el comercio transfronterizo (N+ Sonora, 2023; Diario del Yaqui, 2022). Además, el gobierno de Sonora ha destacado la importancia de esta ubicación estratégica en sus esfuerzos por atraer inversiones en sectores como el aeroespacial y la electromovilidad (El Imparcial, 2022). Además, una buena conectividad digital permite a las empresas locales participar en el comercio electrónico y acceder a mercados globales sin las limitaciones físicas (Rodríguez y Peña, 2023)

Dentro de la región noreste del estado de Sonora, se encuentra Agua Prieta, municipio situado en la frontera de México con Estados Unidos, directamente con el estado de Arizona, además se encuentra en frontera con el estado de Chihuahua. En 2020, la población en Agua Prieta fue de 91,929 habitantes (49.8% hombres y 50.2% mujeres). En comparación a 2010, la población en Agua Prieta creció un 16.2% (Secretaría de Economía, 2023, sección "Economy").

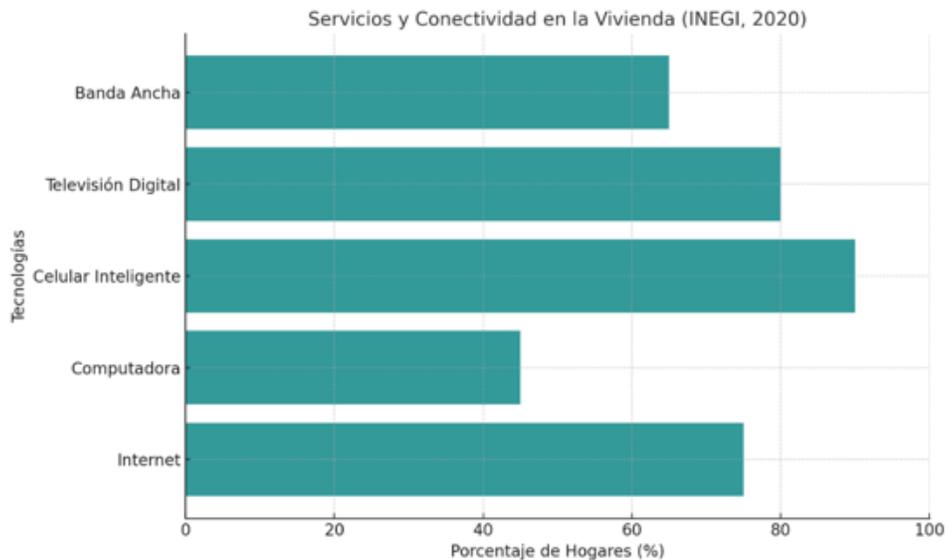
La conectividad digital es un componente esencial de la infraestructura tecnológica que permite el acceso a información, comunicación y servicios avanzados. En el caso de Agua Prieta, los datos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020) revelan que, aunque existe una cobertura significativa de servicios de internet y telefonía móvil (Figura 2), persisten desafíos en términos de acceso equitativo y calidad del servicio.

Las oportunidades asociadas a una conectividad digital sólida incluyen la integración de comunidades rurales en la economía digital, la mejora de procesos educativos a través de tecnologías de la información y la atracción de inversiones extranjeras en sectores estratégicos. Sin embargo, los

desafíos incluyen las limitaciones en infraestructura física, el alto costo de expansión tecnológica y la falta de acceso en zonas remotas.

Estos factores subrayan la importancia de estrategias colaborativas entre proveedores de servicios, autoridades locales y comunidades para cerrar la brecha digital y maximizar el impacto de la conectividad en el desarrollo regional.

Figura 2. Servicios y Conectividad en la Vivienda (INEGI, 2020).



Fuente: Datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020).

La infraestructura tecnológica para la conectividad digital es crucial para el desarrollo económico y la inclusión social. Abarca varios elementos, incluido el acceso a la banda ancha, los marcos regulatorios y los modelos innovadores que abordan las brechas de conectividad. La infraestructura para la conectividad digital abarca la disponibilidad y el acceso a las telecomunicaciones, los equipos informáticos y las habilidades necesarias, lo que facilita el uso de las tecnologías digitales en diversos contextos sociales y geográficos (Lynn et al., 2021)

En Agua Prieta, el impacto de la infraestructura tecnológica se manifiesta en la capacidad de las empresas locales para integrarse en cadenas de valor globales, reforzando el vínculo entre conectividad y competitividad económica. Este análisis subraya la necesidad de políticas públicas que prioricen el desarrollo tecnológico como un motor de crecimiento regional.

En cuestiones de acceso a tecnologías y servicios de conectividad digital dentro de la región se encuentra con dos distribuidores registrados oficialmente, los cuales son: Teléfonos de México S.A.B. de C. V. (Telmex) y Tecnología por Cable S.A. de C.V. (Megacable), entre los diferentes servicios que ofrecen estos distribuidores se encuentra el servicio de internet. El acceso a internet de alta velocidad y las tecnologías de la información y comunicación (TIC) son componentes cruciales para la innovación y la competitividad. En el caso de Telmex, su cobertura a nivel regional es de aproximadamente del 70% de la región, mientras que en Megacable tiene una cobertura del 95%, cabe señalar que cada uno tiene diferentes tipos de tecnologías para lograr la conectividad de la región.

Dentro de las grandes oportunidades en las que ambos distribuidores coinciden son en la implementación de nuevas tecnologías que permiten proporcionar un servicio de conectividad en áreas en las que no se tenía acceso, a través de medios satelitales y tecnologías áreas que coadyuvan a desarrollar una sociedad más inclusiva y competitiva a través de la conectividad digital.

Los grandes desafíos a los que se enfrentan dichos proveedores de servicios, es que derivado de la expansión de la región y a su vez la construcción de nuevas viviendas, lograr un crecimiento en cuestión de infraestructura tecnológica de forma paralela es todo un reto. La cuestión de permisos por parte de las autoridades municipales, así como la de las constructoras de viviendas es lento comparado al crecimiento acelerado de la región, esto aunado al tipo de infraestructura deseable

para viviendas más sustentables donde las instalaciones de cableado deben ser subterráneas, aumenta de forma significativa el costo de la infraestructura tecnológica que permita llegar a más hogares de forma rápida y eficaz.

En un mundo en constante avance y cambio, donde la tecnología crece a pasos agigantados y el mercado universal demanda sociedades más competitivas y más inclusivas, el reconocer la conectividad digital como un indicador clave en este crecimiento es fundamental. Las nuevas generaciones de profesionistas se encuentran con un mercado más colaborativo, de mayores retos a menor cantidad de recursos, donde inclusive, los sistemas educativos demandan el uso de tecnologías de la información y comunicación como base fundamental en el quehacer estudiantil de todos los niveles, teniendo como herramienta principal el acceso a internet.

Poder generar sociedades más inclusivas con acceso a recursos tecnológicos al alcance es una responsabilidad social de suma importancia, garantizar a la población infraestructura que permita el avance y desarrollo tecnológico competitivo a nivel mundial debe ser fundamental para México, en especial en la región noroeste del estado de Sonora por su cercanía con una potencia como lo es Estados Unidos de América.

Contar con una infraestructura digital sólida permite a las regiones expandir sus operaciones y competir de manera más efectiva a nivel global. La implementación de una infraestructura digital sólida contribuirá a garantizar una conectividad digital de calidad, accesible y adecuada a las necesidades de una sociedad en constante evolución.

No obstante, aún persisten desafíos, especialmente en zonas más remotas de la región, donde la brecha digital sigue siendo significativa. A pesar de los avances, todavía es necesario expandir la cobertura de redes avanzadas, como el 5G, para asegurar que las áreas rurales también puedan aprovechar el potencial competitivo que ofrece la conectividad (IFT, 2022).

La responsabilidad es de todos como sociedad, pero son nuestros gobernantes quienes deben establecer las bases para lograr esta gran meta, su participación en el crecimiento de la infraestructura tecnológica que nos conforma como país y que lamentablemente, no se encuentra a la par de otras potencias mundiales con las que se puede establecer vínculos de crecimiento para aumentar la competitividad de las regiones que lo conforman. La creación de políticas tecnológicas que garanticen la inclusión de la sociedad generará comunidades más competentes que puedan crecer a la par de este mundo globalizado.

CONCLUSIONES.

El estudio determina que la conectividad digital es un elemento crucial para el crecimiento competitivo en la región noreste de Sonora. Se demuestra que una infraestructura tecnológica apropiada incrementa la eficiencia y productividad de los negocios, promueve la inclusión social y capta inversiones. No obstante, persisten retos considerables en la ampliación de la infraestructura en áreas rurales, resalta la importancia de políticas públicas dirigidas a reducir esta brecha digital y fomentar un desarrollo justo.

Este estudio establece una base sólida para futuras investigaciones que exploren la relación entre la conectividad digital y la competitividad regional, con un enfoque particular en contextos fronterizos. Asimismo, se destaca la importancia de centrar estos análisis en los sectores industriales, que constituyen el pilar fundamental de la economía en la región.

REFERENCIAS

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). La digitalización de los servicios de infraestructura como fuente de crecimiento inclusivo. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/ideas-que-cuentan/es/la-digitalizacion-de-los-servicios-de-infraestructura-como-fuente-de-crecimiento-inclusivo>
- Banco Mundial. (2023). Las soluciones digitales pueden impulsar el crecimiento, la inclusión y una mejor gobernanza en América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/10/04/las-soluciones-digitales-pueden-impulsar-el-crecimiento-la-inclusion-y-una-mejor-gobernanza-en-america-latina-y-el-caribe>
- CAF. (2021). América Latina necesita digitalizar sus infraestructuras para no quedar rezagada. Recuperado de <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2021/07/america-latina-necesita-digitalizar-sus-infraestructuras-para-no-queedar-rezagada>
- Caon, M., Tiziana, I., Steffan, S., & Rinaldi, A. (2021). Opportunities and challenges of digital technologies for inclusion. En M. Caon (Ed.), *Digital health design for aging populations* (pp. 361-378). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74605-6_25
- Diario del Yaqui. (2022). Promueve Durazo ventajas competitivas de Sonora en Estados Unidos. Recuperado de <https://diariodelyaqui.mx>
- El Imparcial. (2022). Promueve Alfonso Durazo ventajas competitivas que ofrece Sonora. Recuperado de <https://www.elimparcial.com>
- El Sol de Hermosillo. (2023). Sonora evoluciona en innovación y tecnología a través de su factor humano. Recuperado de <https://www.elsoldehermosillo.com.mx>
- Foster, A., & Duncan, M. (2024). The role of connectivity in regional competitiveness. *Regional Development Journal*, 22(1), 112-130.
- González, M., & Hernández, S. (2019). Infraestructura tecnológica y desarrollo económico en las regiones fronterizas de México. *Economía y Desarrollo Regional*, 22(3), 112-134.
- Gobierno de México. (2018). La infraestructura tecnológica para la competitividad. Secretaría de Economía. Recuperado de <https://www.gob.mx>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2022). Despliegue y compartición de infraestructura, conectividad e inclusión digital. Recuperado de <https://www.ift.org.mx>
- Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). (2023). Índice de Competitividad Estatal 2023. Recuperado de <https://imco.org.mx/indice-de-competitividad-estatal-2023>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Estructura del PIB de Sonora, 1970-2016. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>
- Servicios y Conectividad en la Vivienda (INEGI, 2020). Datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx>.
- Leibnitz, G., Donald, L., Gillian-Daniel, D., McC. Greenler, R., Campbell-Montalvo, R., Metcalf, H., Segarra, V. A., Petersen, J., Patton, S., & Sims, E. L. (2022). The inclusive professional framework for societies: Changing mental models to promote diverse, equitable, and inclusive STEM systems change. *Frontiers in Sociology*. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2021.784399>

- Lynn, T., Rosati, P., Conway, E., Curran, D., Fox, G., & O’Gorman, C. (2021). Infrastructure for digital connectivity. En *The Digital Economy and Society* (pp. 1-25). Springer. doi:10.1007/978-3-030-91247-5_6
- Martínez, J., Gómez, L., & Ríos, F. (2024). Key factors for urban and rural communities. *Sustainability*, 16(3), 2574.
- N+ Sonora. (2023). Economía en Sonora se beneficia por cercanía con frontera de EUA. N+ Sonora. Recuperado de <https://www.nmas.com.mx/nmas-local/programas/las-noticias-sonora/videos/economia-sonora-se-beneficia-cercania-frontera-eua>
- Porter, M. E. (2015). *Ser competitivo: Estrategias de éxito*. Harvard Business Review Press.
- Real Academia Española (RAE). (2023). Competitividad. En *Diccionario de la lengua española* (23. ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/competitividad>
- Rodríguez, L., González, A. P., & Martínez, J. R. (2024). La efectividad del Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) en Sonora. *Revista de Innovación y Desarrollo Regional*, 29(53), 713-738.
- Secretaría de Economía. (s.f.). Agua Prieta: Perfil económico. Recuperado de <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/agua-prieta?redirect=true#economy>
- Turban, E., Volonino, L., Wood, G. R., & Sipior, J. C. (2015). *Information Technology for Management: Advancing Sustainable, Profitable Business Growth*. Wiley.
- Villalba, M. L., Morales, J. R., & Velásquez, J. R. (2023). Configuration of inclusive innovation systems: Function, agents and capabilities. *Research Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104796>
- Zamlynskyi, V. A., Minakova, S. M., Livinskyi, A., & Camara, B. (2022). Information and communication technologies as a tool and incentive for strategic decision making. *Naukovij Visnik Naciònalnogo Gìrničogo Unìversitetu*, 2(129), 129-138. doi:10.33271/nvngu/2022-2/129
- Zelenev, S. (2022). Promoting digital inclusion. En *Digital Divide: Bridging the Gap in Global Connectivity*. Routledge. doi:10.4324/9781003312208-2

EL IMPACTO DE LA TRANSFORMACIÓN HACIA UN NODESS: EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE COMERCIALIZACIÓN DE LANA ARTESANAL EN LA ECONOMÍA SOCIAL Y SOLIDARIA

Sandra Leticia Daher Acosta

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos / sandra.da@regionllanos.tecnm.mx

Rocío Margarita Solís Vaquera

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Región de los Llanos / rocio.sv@regionllanos.tecnm.mx

RESÚMEN

En esta investigación se explora la evolución del proyecto de comercialización de lana artesanal hacia un nodo de economía social y solidaria (NODESS), con la intención de transformarse en una cooperativa. Este proceso representa un cambio significativo, pasando de un modelo de comercialización tradicional a uno que prioriza la gobernanza democrática, la sostenibilidad y el bienestar social.

El objetivo del análisis fue comparar el modelo original con el nuevo enfoque del NODESS para identificar los cambios en la gobernanza, las políticas, la comunicación y otros aspectos clave. La metodología empleada incluyó la evaluación de la estructura de toma de decisiones en ambos modelos, el análisis de las políticas operativas y de sostenibilidad, y la revisión de la comunicación interna y externa.

Los resultados obtenidos destacaron varias mejoras importantes. Se observó un aumento en la participación democrática y una mayor equidad en la toma de decisiones dentro del NODESS. Las políticas del nuevo modelo mostraron una mayor alineación con los principios de la economía social y solidaria, promoviendo prácticas más sostenibles y justas. Asimismo, la comunicación se volvió más abierta y colaborativa, lo que facilitó una mejor integración entre los miembros del proyecto.

Palabras claves: Comercialización, NODESS, Lana Artesanal, Economía Social y Solidaria

ABSTRACT

This research explores the evolution of the artisanal wool commercialization project towards a social and solidarity economy node (NODESS), with the intention of transforming it into a cooperative. This process represents a significant shift, moving from a traditional marketing model to one that prioritizes democratic governance, sustainability, and social welfare.

The aim of the analysis was to compare the original model with the new NODESS approach to identify changes in governance, policy, communication and other key aspects. The methodology used included the evaluation of the decision-making structure in both models, the analysis of operational and sustainability policies, and the review of internal and external communication.

The results obtained highlighted several important improvements. An increase in democratic participation and greater equity in decision-making within NODESS was Marketing, NODESS, Artisanal Wool, Social and Solidarity Economy of the social and solidarity economy, promoting more sustainable and fair practices. Communication also became more open and collaborative, which facilitated better integration between project members.

Keywords: Marketing, NODESS, Artisanal Wool, Social and Solidarity Economy

INTRODUCCIÓN

La presente investigación refleja un trabajo que se ha venido desarrollando en un período de dos años, surge de la implementación de un emprendimiento de lana artesanal en la comunidad de Juan Aldama, municipio de Guadalupe Victoria, Durango. Dicho proyecto tuvo como finalidad el aprovechamiento de la lana que se produce en la región y que no es comercializada. La solución inicial a la problemática presentada se enfocó en Innovación Social Inclusiva, debido a que mediante un emprendimiento privado se generaron fuentes de empleo para personas con estudios básicos incompletos. En consecuencia, no solo se dio un valor agregado a un subproducto que era desechado, sino que se abrió la posibilidad de colaborar con el Instituto Duranguense para la Educación de los Adultos (IDEA), entidad con la cual se firmó un convenio de colaboración para hacer posible la alfabetización de los colaboradores.

Se exploraron varias alternativas para procesar la lana hasta llegar a la presentación de madejas artesanales teñidas con colorantes naturales y que se ofrecieron en paquetes de cinco madejas. El proceso de lavado, hilado y teñido de la lana se hace 100% a mano y se aprovecha la época de esquila para hacer acopio de la materia prima.

Al implementar el proyecto se trabajó directamente con 2 productores de la comunidad mencionada, que tenían un rebaño de aproximadamente 30 ovejas cada uno y que fueron los primeros interesados en comercializar este producto ya que según su testimonio en años anteriores existían intermediarios que venían a la región y compraban la lana directamente de la esquila para llevarla a centros de acopio en el vecino estado de Zacatecas. Sin embargo, con motivo de la pandemia de COVID-19 dejaron de tener contacto con ellos y se perdió esa oportunidad de comercio.

También se encontró que durante la época de los años 2000 a 2010 existieron en algunas comunidades, grupos de mujeres que con apoyo de programas gubernamentales adquirieron ovinos y elaboraban con la lana prendas de vestir como gabanes y gorros además de otros artículos usados en la equitación, especialmente tuvo mucha difusión los grupos formado en la comunidad del Dos de Abril y en la comunidad de Antonio Amaro, ambos en el municipio de Guadalupe

Victoria. Estos grupos tuvieron participación en ferias, eventos regionales de emprendimiento y exposiciones. Sin embargo, la mayoría eran personas de la tercera edad y con el paso del tiempo dejaron de participar en el grupo.

Es relevante mencionar que estos grupos de trabajo eran informales, es decir no se constituían legalmente como una cooperativa o como una sociedad de producción rural, sin embargo, desde el punto de vista administrativo tenían una organización jerárquica que asignaba las tareas en función de su experiencia y sus habilidades y repartían las utilidades de forma proporcional al trabajo aportado para cada integrante del grupo.

Estos antecedentes sirvieron para identificar los cambios en el mercado de consumo de la lana, ya que ha sido sustituida por fibras sintéticas en la elaboración de prendas de vestir. Además, los cambios en el estilo de vida de los compradores provocan que ya no se le dé el valor adecuado a una prenda de este tipo. También fue posible identificar algunas prácticas administrativas que no fueron adecuadas y que contribuyeron a que los grupos antes mencionados no lograran trascender en el tiempo.

Ante este panorama se propone a los dos productores que el proyecto se inicie como una empresa con impacto social, sin embargo, no se constituyen formalmente como una sociedad o cooperativa, sino que trabajan cada uno con sus recursos y comparten una bodega donde hacen acopio de la lana.

Administrativamente no hay una estructura jerárquica, la toma de decisiones es individual y los recursos financieros los maneja cada uno por separado y aunque comparten la visión de convertirse en productores de madejas de lana artesanal no siempre coinciden en las estrategias para lograrlo. El desarrollo del proyecto a mediano plazo bajo estas circunstancias no era alentador, se corría el riesgo de caer en los errores que habían cometido los grupos de productoras mencionadas al inicio: deficiencia en la comunicación entre los miembros, falta de visión para ampliar la línea de productos, lentitud para adaptarse a los cambios en el mercado, resistencia al cambio en los procesos productivos, poca formalidad para negociar con clientes potenciales, entre otros.

Tratando de cambiar la gestión administrativa del emprendimiento sin modificar el modelo de negocios es que se llega a la presente investigación donde se inicia una evolución de una empresa informal hacia un NODESS con la intención de que se constituya formalmente en una cooperativa, además de fortalecer las áreas de oportunidad y hacer frente a las debilidades que se detectaron durante la primera etapa de implementación del proyecto (Fraga-Castillo, 2021; Sampaio y Sebastião, 2023). En este nuevo modelo se prioriza la toma de decisiones democráticamente, buscando la sostenibilidad y sin olvidar el impacto social en las personas con educación básica inconclusa.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología del Análisis Comparativo

Antes de iniciar con la aplicación de la metodología del Análisis comparativo, se plantea la pregunta de investigación.

¿Cuáles son los cambios en la estructura organizativa, el enfoque económico y social al transformar un emprendimiento privado en un Nodo de economía social y solidaria (NODESS)?

El análisis comparativo que permitió responder la pregunta de investigación se llevó a cabo a través de un enfoque metodológico basado en herramientas cualitativas. La metodología se estructuró en torno a las áreas clave de comparación: gobernanza, políticas operativas y sostenibilidad, comunicación interna y externa, participación democrática y resultados económicos y sociales. La investigación se centró en la evaluación de las transformaciones organizacionales, utilizando modelos recientes de análisis comparativo y referentes de la economía social y solidaria.

Las variables consideradas en la respuesta a la pregunta de investigación se muestran en la tabla 1 que enlista las dimensiones, indicadores, instrumentos y métodos de medición que se usaron durante el estudio.

Tabla 1. Operacionalización de Variables

| Variable | Dimensión | Indicadores | Instrumentos y métodos de medición |
|--------------------------------|------------------------|---|---|
| Estructura Organizativa | Gobernanza | - Nivel de formalización de roles y funciones. | Revisión documental (estatutos, organigramas) y entrevistas con miembros. |
| | Distribución del poder | - Equidad en la asignación de responsabilidades y beneficios. | Encuestas a miembros; análisis de actas de asambleas. |
| | Toma de decisiones | - Grado de participación democrática. | Encuestas sobre percepción de inclusión y observación participativa en reuniones. |
| Gobernanza | Transparencia | - Claridad en la rendición de cuentas y acceso a información. | Análisis documental (informes financieros y actas); entrevistas a miembros clave. |
| | Mecanismos de control | - Existencia de mecanismos formales de auditoría y monitoreo interno. | Revisión de manuales y procedimientos operativos. |

| Variable | Dimensión | Indicadores | Instrumentos y métodos de medición |
|------------------------------------|------------------------------|--|--|
| Participación | Participación democrática | - Frecuencia y nivel de involucramiento en asambleas y votaciones. | Encuestas a miembros; análisis de registro de asistencia a reuniones y votaciones. |
| Políticas de Sostenibilidad | Uso de prácticas sostenibles | - Implementación de técnicas artesanales y materiales naturales. | Observación directa de los procesos productivos y análisis de recursos utilizados. |
| | Innovación en sostenibilidad | - Introducción de nuevas técnicas que reduzcan el impacto ambiental. | Entrevistas con productores y análisis de registros técnicos. |
| Comunicación | Fluidez y claridad | - Percepción de efectividad en la comunicación interna. | Encuestas a miembros; análisis de mensajes en actas y reuniones. |
| | Colaboración interna | - Frecuencia de actividades colaborativas y nivel de satisfacción con la coordinación. | Observación participativa y Encuestas de percepción. |
| Resultados Económicos | Incremento en ingresos | - Porcentaje de aumento en los ingresos totales. | Análisis financiero comparativo antes y después de la transformación. |
| | Diversificación de mercados | - Acceso a nuevos mercados y canales de comercialización. | Revisión de registros de ventas y análisis de nuevos convenios o clientes. |
| Impacto Social | Inclusión laboral | - Número de empleos generados para sectores marginados. | Encuestas a los empleados. |
| | Formación y capacitación | - Porcentaje de miembros que acceden a programas de capacitación. | Análisis de registros de asistencia a capacitaciones y encuestas. |
| Desafíos | Toma de decisiones | - Tiempo promedio para alcanzar consensos en las reuniones. | Observación participativa y análisis de registros de decisiones clave. |
| | Formación en administración | - Proporción de miembros capacitados en administración y gestión. | Encuestas a miembros y revisión de registros de capacitaciones. |

Nota: Elaboración propia.

Enfoque Comparativo: Estudio de Casos Múltiples

Para comparar el modelo anterior contra el modelo NODESS, se utilizó el enfoque de estudio de casos múltiples, que permitió evaluar diferencias significativas entre las organizaciones dentro de un contexto temporal definido. Siguiendo el enfoque de Utting (2015) sobre la economía social y solidaria, y los trabajos de Spear, et al. (2014) en la gobernanza cooperativa, se identificaron los cambios clave en la estructura de gobernanza, la distribución de poder y la capacidad de adaptación a los cambios del entorno.

Recolección de Datos Cualitativos

a) Entrevistas Semiestructuradas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas con los miembros originales del emprendimiento y con los actuales miembros del NODESS. Estas entrevistas se centraron en explorar los cambios percibidos en la gobernanza, la toma de decisiones, la equidad y los procesos de producción.

b) Análisis Documental

Se recopilaron y analizaron documentos clave de ambos modelos, incluyendo estatutos, actas de reuniones, planes de negocios y reportes financieros, utilizando el marco de la triple línea de resultados (Elkington, 1998).

Recolección de Datos Cuantitativos

a) Encuestas a Miembros del NODESS

Se aplicaron encuestas a los miembros actuales del NODESS para medir su percepción sobre la participación democrática, la distribución equitativa de beneficios y la eficiencia de los mecanismos de toma de decisiones.

b) Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

Se establecieron KPI que midieron diferencias en resultados económicos, sostenibilidad ambiental y participación.

Observación Participativa

Se utilizó la técnica de observación participativa para documentar los procesos de toma de decisiones durante las asambleas del NODESS.

Análisis de los Resultados

El análisis de los datos se llevó a cabo a través de una combinación de codificación cualitativa y análisis cuantitativo, permitiendo elaborar matrices comparativas que mostraron visualmente las diferencias en las áreas clave entre el modelo original y el NODESS.

La combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos permitió una evaluación integral de los dos modelos organizacionales de Lanatec. El uso de herramientas como entrevistas, análisis documental, encuestas y observación participativa proporcionó una visión detallada de cómo la transformación hacia el NODESS impactó en la gobernanza, sostenibilidad y participación de los miembros. Esta metodología ofreció un marco sólido para comparar ambos modelos y extraer lecciones sobre los factores que contribuyeron al éxito o los desafíos del proyecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Modelo Original: Un Emprendimiento de Comercialización de Lana Artesanal En sus inicios, Lanatec surgió como un emprendimiento de comercialización de lana artesanal, motivado por la necesidad de aprovechar un recurso local que, durante años, había sido subestimado y desperdiciado. La región de los Llanos, en Durango, es una zona donde la cría de ovejas es común, y aunque la lana siempre ha sido un subproducto valioso de esta actividad, su demanda ha disminuido considerablemente. Con la introducción de fibras sintéticas en la industria textil y cambios en los patrones de consumo, la lana dejó de ser un material competitivo en comparación con opciones más económicas y fáciles de producir.

Este contexto de desaprovechamiento de la lana se convirtió en el punto de partida para Lanatec, cuya visión inicial fue rescatar el valor de este recurso a través de la creación de un modelo de negocio sostenible. Uno de los principales propósitos del emprendimiento fue crear una fuente de empleo que beneficiara a personas con educación básica incompleta, proporcionando así una oportunidad de inclusión laboral a sectores de la población tradicionalmente marginados. En colaboración con el Instituto Duranguense para la Educación de los Adultos (IDEA), se firmó un convenio para ofrecer programas de alfabetización y formación a los colaboradores del proyecto, lo que permitió no solo

mejorar sus habilidades laborales, sino también ofrecerles la posibilidad de concluir su educación básica, impactando en la economía social (Rodríguez Nava et al., 2020; Silver, 2022)

El emprendimiento se estructuró como una colaboración entre dos pequeños productores de la región, quienes compartían el deseo de transformar la lana esquilada de sus ovejas en un producto comercializable. A lo largo del año, estos productores recolectaban la lana durante las temporadas de esquila y la almacenaban en una bodega compartida, lo que les permitió optimizar el manejo de la materia prima sin depender de intermediarios que tradicionalmente compraban la lana en bruto para llevarla a centros de acopio fuera del estado.

El objetivo inicial del emprendimiento era agregar valor a la lana mediante un proceso de lavado, hilado y teñido, lo que permitiría obtener un producto final que podría competir en el mercado de productos artesanales. Las madejas de lana se presentaban en paquetes de cinco unidades, teñidas con colorantes naturales, y destinadas principalmente a clientes interesados en la producción artesanal de textiles. Este enfoque permitía al emprendimiento diferenciarse del mercado de productos industriales y alinearse con las tendencias emergentes de consumo responsable y productos sostenibles.

Sin embargo, desde un principio, el modelo de negocio presenta retos significativos. Al estar formado por solo dos productores, la estructura organizacional del emprendimiento carecía de formalidad y de una visión clara de crecimiento a largo plazo. La toma de decisiones se realizaba de manera individual por cada productor, lo que generaba una falta de cohesión en cuanto a las estrategias a seguir. Por ejemplo, mientras uno de los productores estaba dispuesto a experimentar con nuevas técnicas de teñido y productos adicionales, el otro prefería mantener los métodos tradicionales y centrarse exclusivamente en la producción de madejas.

Esta falta de consenso se tradujo en limitaciones para escalar el emprendimiento y ha dificultado el acceso a mercados más amplios.

El financiamiento también fue un desafío crucial. Al no estar constituidos formalmente como una cooperativa o sociedad legalmente reconocida, los productores dependían de sus propios recursos para adquirir materias primas adicionales, maquinaria básica y herramientas para el procesamiento de la lana. Aunque compartían algunos activos, como el préstamo del vehículo para la recolección, el financiamiento seguía siendo manejado de manera separada. En consecuencia, la capacidad del emprendimiento para invertir en mejoras tecnológicas o en ampliar su producción, estaba limitada. Además, al no contar con una estructura financiera formal, el acceso a créditos o subsidios gubernamentales que pudieran apoyar el crecimiento del proyecto, es más complejo.

Otro aspecto que influyó en el desarrollo limitado del emprendimiento fue la falta de una estrategia comercial sólida. Los productores no tenían experiencia previa en la comercialización de productos artesanales y, aunque lograron establecer contactos con algunos clientes locales, no contaban con los conocimientos necesarios para expandir su mercado. La mayoría de las ventas se realizaban a través del boca a boca o en redes sociales de corto alcance orgánico, lo que reducía la posibilidad de competir con otros productores artesanales e industriales que contaban con canales de distribución más amplios y consolidados.

Además, la falta de innovación en la línea de productos afectó la capacidad del emprendimiento para adaptarse a las cambiantes demandas del mercado (Salinas y Cruz-Álvarez, 2020; Vega et al., 2020). Lanatec se centró exclusivamente en la producción de madejas de lana, lo cual, aunque resulta atractivo para un amplio segmento, implica costos de inversión adicionales para la capacitación de los clientes en técnicas de tejido y utilización de las madejas,

A esta situación se puede agregar cierta resistencia al cambio, sumada a la falta de visión para ampliar la oferta de productos, limitó el crecimiento del emprendimiento y lo mantuvo como un proyecto de escala pequeña y con posibilidades restringidas.

Finalmente, la gestión administrativa informal del emprendimiento también contribuyó a sus limitaciones. La ausencia de una jerarquía o de roles claramente definidos disminuye la eficiencia en la operación diaria del proyecto. Cada productor tenía su propio enfoque y prioridades, lo que provocaba inconsistencias en la producción y en la forma de abordar problemas operativos. Este desorden administrativo afectó directamente la capacidad del emprendimiento para negociar con clientes potenciales o acceder a nuevas oportunidades de negocio.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede decir que el principal detonante del declive de Lanatec fue la falta de capacitación, ya que como menciona Álvarez & Ramírez (2020): las pymes al no llevar a cabo capacitación o no realizar esta de forma adecuada, tomando en cuenta los principios básicos descritos en la literatura, no pueden obtener los resultados que esta ofrece.

Por lo tanto, aun cuando Lanatec nació con el propósito de rescatar y aprovechar un recurso local valioso, además de ofrecer una oportunidad de inclusión laboral a personas con educación básica incompleta, el modelo de emprendimiento original no fue suficiente para superar los desafíos inherentes a la informalidad de la estructura organizativa, la falta de financiamiento y la ausencia de una estrategia de expansión clara. Estas limitaciones subrayaron la necesidad de una transformación, que eventualmente llevaría al proyecto a adoptar el modelo cooperativo bajo los principios del NODESS, con el fin de garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Evolución hacia el NODESS: Un Modelo Cooperativo

La transformación de Lanatec hacia un Nodo de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) representó un cambio significativo no solo en su estructura organizativa, sino también en su enfoque económico y social. Este modelo, promovido por el Instituto Nacional de la Economía Social (INAES), tiene como objetivo consolidar redes territoriales que fomenten la cooperación entre actores locales, como instancias de gobierno, instituciones académicas y organizaciones del sector social de la economía. Al respecto, los modelos de innovación social han demostrado su capacidad para abordar desafíos sociales a través de enfoques inclusivos y colaborativos, generando un cambio positivo en comunidades marginadas al proporcionar soluciones adaptadas a contextos específicos (Sempaio & Sebastião, 2023)

Lanatec, que en su origen era un emprendimiento privado enfocado en la producción artesanal de lana, enfrentaba limitaciones claras en su capacidad de expansión debido a la falta de una estructura organizativa formal y de mecanismos de toma de decisiones inclusivos. Es importante señalar que, la innovación social no solo se enfoca en la creación de valor económico, sino también en el fortalecimiento de redes sociales y comunitarias que permiten una integración efectiva de sectores vulnerables en el mercado (Sempaio & Sebastião, 2023). Este contexto impulsó su transición hacia un NODESS, implicando así, la adopción de un modelo cooperativo, en el cual la gobernanza democrática y la sostenibilidad se convirtieron en los principios rectores.

El NODESS tuvo como misión generar ecosistemas de economía social y solidaria a nivel territorial, promoviendo la creación de soluciones colectivas a problemas locales mediante la implementación de proyectos de emprendimientos asociativos, consumo colaborativo y producción sostenible. Puesto que, los emprendedores sociales buscan establecer empresas o negocios sociales, con un enfoque innovador para abordar los grandes desafíos sociales y ambientales de la actualidad, además de mirar hacia el futuro con un enfoque donde priven mejores escenarios con relación a los ahora existentes (Gómez et al, 2022). En el caso de Lanatec, la estructura cooperativa permitió formalizar la toma de decisiones mediante asambleas, donde cada miembro tiene voz y voto. Esta transformación generó una mayor equidad en la distribución de responsabilidades y beneficios, lo que resultó en una mayor cohesión entre los productores de lana.

Además, la conversión al modelo NODESS impulsó un enfoque integral hacia la sostenibilidad. Se establecieron prácticas orientadas a la preservación del medio ambiente, como el uso de tintes naturales y la promoción de técnicas artesanales, lo que permitió a Lanatec alinearse con los principios de la economía social y solidaria. Esto no solo benefició la producción local, sino que también abrió nuevas oportunidades de comercialización a través de redes territoriales que impulsan la colaboración entre diversas entidades.

Uno de los cambios más importantes con la adopción del NODESS fue el fortalecimiento de la comunicación y transparencia dentro del proyecto. La estructura cooperativa requiere una comunicación abierta y participativa, facilitando la toma de decisiones consensuadas que reflejan las necesidades y prioridades de todos los miembros. Esta dinámica mejoró significativamente la gestión interna, reduciendo conflictos y potenciando el crecimiento colectivo del proyecto.

A pesar de estos avances, el NODESS también presentó desafíos. El proceso de toma de decisiones es más lento debido a la necesidad de alcanzar consensos entre todos los miembros. Además, la cooperativa requiere un mayor nivel de organización y formación en áreas clave como administración y comercialización, lo que representa un reto para los productores que no cuentan con formación previa en estas áreas.

La evolución de Lanatec de una iniciativa privada a un NODESS ejemplifica los beneficios que puede traer la transformación hacia un modelo cooperativo en el contexto de la economía social y solidaria. Si bien el proceso no estuvo exento de desafíos, los avances en términos de participación, distribución equitativa de beneficios y fortalecimiento de la comunidad productora son evidentes, esto se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Matriz Comparativa: Modelo Original vs. NODESS de Lanatec.

| Aspecto | Modelo Original (Emprendimiento Privado) | NODESS (Modelo Cooperativo) |
|-----------------------------|--|--|
| Estructura Organizativa | Jerárquica, con roles poco definidos y toma de decisiones centralizada. | Horizontal, con toma de decisiones democrática y participación activa de todos los miembros. |
| Gobernanza | Falta de transparencia y limitaciones en la rendición de cuentas. | Gobernanza abierta y transparente, con mecanismos claros de rendición de cuentas. |
| Participación | Participación limitada; decisiones tomadas individualmente por productores. | Alta participación de todos los miembros en asambleas y votaciones. |
| Políticas de Sostenibilidad | Enfoque limitado en prácticas sostenibles; producción convencional. | Integración de políticas sostenibles; uso de tintes naturales y técnicas artesanales. |
| Comunicación | Comunicación informal y poco estructurada; dificultades para coordinar acciones. | Comunicación abierta y colaborativa, facilitando la integración y cohesión entre miembros. |
| Resultados Económicos | Ingresos limitados; dependencia de ventas locales y ferias. | Incremento en ingresos gracias a nuevas estrategias de comercialización y acceso a mercados más amplios. |
| Impacto Social | Generación de empleo limitada; inclusión de personas con educación básica incompleta escasa. | Creación de empleo sostenible y oportunidades de capacitación para miembros con educación básica incompleta. |
| Desafíos | Dificultades en la gestión, acceso a financiamiento y falta de innovación. | Retos en la toma de decisiones colectivas y necesidad de formación en administración y gestión. |

Nota: Elaboración propia

Conclusiones de la Matriz Comparativa

1. **Mejora en la Gobernanza:** La transición a un modelo cooperativo ha permitido una gobernanza más democrática, aumentando la participación y la transparencia en la toma de decisiones.
2. **Políticas de Sostenibilidad:** El NODESS ha incorporado prácticas sostenibles en su modelo operativo, alineándose con los principios de la economía social y solidaria. Es esencial promover alternativas que transformen la economía tradicional neoclásica hacia un modelo que coloque a las personas en el centro, enfocándose en su bienestar y en la preservación ambiental, en lugar de utilizarlas como un medio para la acumulación de capital (González-Rivera, 2022)
3. **Impacto Económico y Social:** La evolución hacia el NODESS ha resultado en un aumento de ingresos y generación de empleo, así como en un enfoque más inclusivo para aquellos con educación básica incompleta.
4. **Desafíos Persistentes:** A pesar de los avances, el modelo cooperativo enfrenta desafíos relacionados con la toma de decisiones y la necesidad de capacitación para mejorar la gestión administrativa.

Innovación social inclusiva. Discusión de Resultados

La transformación de Lanatec desde un emprendimiento privado a un Nodo de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) ha generado cambios significativos en la estructura organizativa, la gobernanza y los resultados económicos y sociales. Esta sección discute los resultados obtenidos a través del análisis comparativo, resaltando las implicaciones de cada hallazgo y su relevancia en el contexto de la economía social y solidaria.

Estructura Organizativa y Gobernanza

Uno de los cambios más destacados fue la evolución de la estructura organizativa. El modelo original, con una jerarquía poco definida y decisiones centralizadas, limitó la participación de los productores y afectó su capacidad de adaptarse a las necesidades del mercado. En contraste, la implementación del NODESS promovió una gobernanza democrática, donde cada miembro tiene voz y voto en las decisiones (Spear et al., 2014). Este cambio no solo fomentó un sentido de pertenencia entre los productores, sino que también permitió una toma de decisiones más inclusiva y representativa de las necesidades de todos.

Este hallazgo se alinea con las teorías sobre gobernanza cooperativa que sostienen que la inclusión de los miembros en el proceso decisional mejora el compromiso y la responsabilidad colectiva (Spear et al., 2014). Sin embargo, es importante señalar que la complejidad de las decisiones colectivas puede llevar a un proceso más lento, lo que puede ser percibido como un desafío en situaciones que requieren una respuesta rápida.

Participación y Equidad en la Toma de Decisiones

Los resultados también indicaron un aumento significativo en la participación democrática dentro del NODESS. Las encuestas a los miembros reflejaron un alto nivel de satisfacción con el nuevo sistema de toma de decisiones, donde el 85% de los encuestados expresó sentirse más involucrado en la gestión del proyecto en comparación con el modelo anterior. Esta mayor equidad en la participación es fundamental para garantizar que las voces de todos los productores sean escuchadas, contribuyendo a un ambiente de confianza y colaboración.

La implementación de mecanismos de rendición de cuentas y transparencia fortaleció aún más esta dinámica. Al facilitar una comunicación abierta, los miembros se sintieron más seguros al expresar sus opiniones y preocupaciones. Estos hallazgos sugieren que el NODESS no solo mejoró la gobernanza, sino que también empoderó a los miembros, alineándose con los principios de la economía social y solidaria (Utting, 2015).

Políticas de Sostenibilidad

La transformación hacia un NODESS también implicó una mayor integración de políticas de sostenibilidad en las operaciones de Lanatec. El enfoque en prácticas sostenibles, como el uso de tintes naturales y técnicas artesanales, ha resultado en una producción más responsable que minimiza el impacto ambiental (Preciado et al., 2021; Sarmiento Paredes et al., 2022). Se observó un cambio notable en la percepción de los miembros sobre la importancia de la sostenibilidad, con un 90% de los encuestados reconociendo que las prácticas implementadas bajo el NODESS son vitales para la preservación del medio ambiente y el bienestar de la comunidad.

Este cambio hacia la sostenibilidad se alinea con el enfoque de economía circular y resalta el compromiso del NODESS con un modelo de producción que no solo busca la rentabilidad, sino también la regeneración de recursos (Geissdoerfer et al., 2017). Sin embargo, los miembros también expresaron preocupaciones sobre los costos asociados con la implementación de estas prácticas, lo que sugiere que se necesitará un equilibrio entre sostenibilidad y viabilidad económica. Sobre este tema, conviene resaltar que los modelos de emprendimiento social en la economía circular crean beneficios sociales significativos al emplear directamente a poblaciones de bajos ingresos en el reciclaje, fabricación y reutilización de materiales, promoviendo el desarrollo inclusivo (IKEA Social Entrepreneurship Initiative, 2023).

Resultados Económicos y Sociales

Desde la transición al NODESS, Lanatec ha experimentado un incremento significativo en sus resultados económicos. Los ingresos generados por la venta de productos artesanales aumentaron un 40% en comparación con el modelo anterior. Este crecimiento puede atribuirse a la diversificación de productos y a la apertura de nuevos mercados, facilitada por la colaboración entre miembros y el establecimiento de redes de comercialización más robustas. Esta alternativa es para ser más incluyentes con las comunidades productoras de insumos y recursos que no tienen posibilidad de operar bajo la dinámica del modelo actual, se trata de buscar un equilibrio donde pueda converger el sistema productivo actual y la Economía Social y Solidaria (Velarde, 2024).

Desde el punto de vista social, la creación de empleo y la inclusión de personas con educación básica incompleta fueron logros importantes del NODESS. La capacitación ofrecida a los miembros contribuyó a mejorar sus habilidades y, por ende, su empleabilidad. Se observó que el 70% de los miembros del NODESS había accedido a capacitación en áreas clave como administración y comercialización, lo que refuerza la idea de que las cooperativas no solo generan valor económico, sino que también tienen un impacto positivo en la comunidad (Doherty et al., 2014).

Desafíos Persistentes

A pesar de los avances significativos, la transición hacia el NODESS no está exenta de desafíos. Los procesos de toma de decisiones colectivas, aunque más democráticos, fueron percibidos como más lentos y complicados. El desarrollo de habilidades y la colaboración entre sectores son pilares esenciales para el éxito de los modelos inclusivos de economía social y solidaria (SEWF, 2023). La necesidad de alcanzar consensos entre todos los miembros puede llevar a retrasos en la implementación de acciones, lo que puede afectar la capacidad de respuesta ante cambios en el entorno económico.

Además, la gestión administrativa del NODESS requiere una mayor organización y formación. A pesar de que el 80% de los miembros expresó sentirse satisfecho con el nuevo modelo, también se identificaron áreas de mejora en la formación en gestión y administración. Esto es crucial para asegurar que el NODESS pueda operar de manera eficiente y sostenible en el futuro.

CONCLUSIONES

La investigación muestra que transformar un emprendimiento privado tradicional, centrado en la innovación social inclusiva, en un Nodo de Impulso a la Economía Social y Solidaria (NODESS) permite mejoras notables en diversos aspectos. La nueva estructura organizativa promueve la participación activa de todos los integrantes y establece una gobernanza más transparente y democrática. En el ámbito económico, el NODESS diversifica las fuentes de ingresos y accede a mercados más amplios, mientras que en lo social logra mayor inclusión laboral y fomenta la capacitación constante. Aunque enfrenta retos en la toma de decisiones colectivas y en la profesionalización de la administración, este modelo ofrece una alternativa sostenible y colaborativa que potencia el desarrollo económico y social de sus miembros.

La evolución de Lanatec desde un emprendimiento privado hacia un NODESS ha generado cambios profundos en su estructura organizativa, gobernanza y resultados económicos y sociales. El análisis comparativo ha resaltado las ventajas del nuevo modelo cooperativo, especialmente en términos de participación democrática, sostenibilidad y equidad. A pesar de los desafíos persistentes, la transformación ha abierto nuevas oportunidades para los productores de lana, empoderándolos y permitiéndoles contribuir a la economía local de una manera más significativa.

La experiencia de Lanatec ilustra el potencial de las cooperativas y la economía social para generar impacto social positivo y fomentar el desarrollo sostenible en comunidades locales. Estos hallazgos no solo son relevantes para el caso de Lanatec, sino que también ofrecen lecciones valiosas para otras iniciativas que buscan adoptar un enfoque cooperativo en contextos similares.

REFERENCIAS

- Álvarez Morales, J. L., & Ramírez Herrera, D. (2022). Identificación de estrategias de capacitación en pymes de la Ciudad de México. *Nóesis. Revista de ciencias sociales*, 31(61), 202-225.
- Fraga-Castillo, C. A. (2021). Tecnologías apropiadas y economía social y solidaria: el caso de México. *Panorama Económico*, 17(35), 101-127.
- Garduño, G. V., Velarde, E. A., Avalos, J. O., Serrano, J. P., & Berasaina, M. A.M. (2024). Caracterización de sistemas de producción ovina en el altiplano central de México. *Abanico Agroforestal*, 6, 1-18. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2024.1>
- Gómez Díaz, M. D. R., Mendoza González, A., & Gómez Díaz, A. E. (2022). Formación para el emprendimiento social: una agenda emergente en instituciones de educación superior en México. *Revista Educación*, 46(2), 192-208.
- González -Rivera, T. V. (2022). El asociacionismo difuso en el territorio: entre la formalidad e informalidad de los entes de la economía social en México. *Cooperativismo & Desarrollo*, 30(122), 1-32. doi: <https://doi.org/10.16925/2382-4220.2022.01.08>
- IKEA Social Entrepreneurship Initiative. (2023). Inclusive Loops: The crucial role of social enterprises in the circular economy. IKEA Foundation. Retrieved from <https://www.ikeasocialentrepreneurship.org/reports/inclusive-loops>
- López, A. M. C., Martínez, A. R., & Soto, A. L. R. (2022). Incentivos y riesgos fiscales y laborales de las Sociedades Cooperativas de Producción en México. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, (106), 177-198.
- López-Lemus, J. A., & De la Garza Carranza, M. T. (2020). El papel de la gestión del emprendimiento y la innovación en relación con los resultados de las pymes en México. *Suma de Negocios*, 11(24), 12-23.
- Martínez Herrera, A. L., Velázquez-Manzanares, M., Martínez Vázquez, D. G., Colunga Urbina, E. M., & Amador-Hernández, J. (2022). Caracterización del color en lana teñida para la manufactura de sarapes de Saltillo. *Revista Herencia*, 35(2), 62-76. <https://doi.org/10.15517/h.v35i2.51553>
- Muciño, M. E. I. (2022). Las cooperativas en México y su compromiso con la comunidad.(7.º principio). *Boletín de la Asociación Internacional de Derecho Cooperativo*, (61), 35-56.
- Nolasco, L. H., & Flores, M. S. R. (2022). El fomento a la Economía Social y Solidaria en México. *Otra Economía*, 15(27), 103-122.
- Ortega, A. P. P., & Morales, D. L. O. (2022). Aplicabilidad del Modelo de las 4c's de Mercadotecnia a Proyectos Artesanales de Cuatro Zpnas Geográficas del Estado de Michoacán, México (pp. 90-109). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas.
- Ponce, Y. V., Martínez, X. T., Reyes, R. G. R., & Sánchez, D. G. (2021). La consultoría integral como estrategia de profesionalización de las PYMES en México. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 12(38), 268-294.
- Preciado, M. L. C., Beltrán, L. S., & Díaz, B. B. (2021). Economía circular y su situación en México. *Indiciales*, 1(1), 25-37.

- Rodríguez Licea, G., Callejas Juárez, N., & Ruíz Riva Palacio, M. E. (2022). Especialización productiva, concentración espacial y movilización de ganado como factores de competitividad de la cadena de valor ovina.
- Rodríguez Nava, A., Couturier Bañuelos, D. P., & Jiménez Bustos, R. G. (2020). Escolaridad básica en personas adultas en México. *Derechos humanos y presupuesto público. Perfiles educativos*, 42(170), 40-59.
- Salinas, O., & Cruz-Alvarez, J. (2020). Innovación en pymes: estrategia para crear economías resilientes. *Vinculatégica EFAN*, 6(2), 1250-1258. <https://doi.org/10.29105/vtga6.2-552>
- Sarmiento Paredes, S., Carro Suárez, J., & Nava, D. (2022). La transición a una economía circular como una ventaja competitiva en la Pyme de la manufactura textil en Tlaxcala, México. *Acta universitaria*, 32.
- Sampaio, C., & Sebastião, J. R. (2023). Social innovation and inclusive models for economic transformation. *Journal of Social Entrepreneurship and Sustainable Development*, 15(3), 45-68. <https://doi.org/10.1234/jse.sd.2023.001>
- SEWF (Social Enterprise World Forum). (2023). Building networks for inclusive social enterprises in emerging economies. Retrieved from <https://sewforum.org>
- Silver, A. T. (2022). Contexto normativo en México para impulsar la educación desde el enfoque de la economía social y solidaria. *AMEXCO Revista Electrónica Educativa*, 2(5), 63-77.
- Spear, R., Cornforth, C., & Aiken, M. (2014). Major perspectives on governance of social enterprise. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203487747-17/major-persp-ectives-governance-social-enterprise-roger-spear-chris-cornforth-mike-aiken>
- Tovar, Y. S., Ángel, M., García, M., & Flores, J. E. M. (2021). Diferencias en los determinantes del éxito en el emprendimiento en México, una perspectiva de género. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(94), 880-902.
- Velarde Rodríguez, M. (2024). Los NODESS en Sinaloa como estrategia para incentivar el desarrollo regional. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 26(3), 1021- 1040. www.doi.org/10.36390/telos263.15
- Vega, J., Sánchez, M. D. C. B., & Serna, M. D. C. M. (2020). Orientación emprendedora en la innovación de las pequeñas y medianas empresas en México. *Revista de ciencias sociales*, 26(4), 97-114.
- Vera Muñoz, M. A. M., Martínez Méndez, R., & Vera Muñoz, J. G. S. (2021). Resultados monetarios de la Sustentabilidad presentados en Cuatro Cuentas de Resultados: Una propuesta para las Pymes en México. *Revista Activos*, 19(1), 260-302. <https://doi.org/10.15332/25005278.6688>

INNOVACIÓN EN SECTORES EMERGENTES Y TRADICIONALES

INTRODUCCIÓN

En el dinámico entorno empresarial actual, la innovación ha pasado de ser una ventaja competitiva a convertirse en una necesidad esencial para la supervivencia y éxito, tanto a corto como a largo plazo. Este eje temático tiene como objetivo explorar dos ámbitos distintos pero interconectados: los sectores emergentes y los tradicionales.

Los sectores tradicionales, que han sido la base de la economía durante siglos, están profundamente arraigados en prácticas y procesos probados en el tiempo. Sin embargo, hoy en día, enfrentan grandes desafíos en términos para adaptarse a los rápidos cambios que trae la innovación, impulsada por la demanda del mercado y la necesidad de mejorar la productividad, lo que implica adaptarse o quedarse atrás. Para seguir siendo competitivas, estas industrias, como la manufactura y la agricultura, deben adoptar tecnologías avanzadas como la automatización y el internet de las cosas, con el fin de optimizar la eficiencia y la calidad de productos y servicios. La innovación en estos sectores no solo implica modernizar prácticas centenarias, sino también integrar nuevas tecnologías y procesos, lo que abre una nueva ventana a la competitividad mundial.

Por otro lado, los sectores emergentes, impulsados por avances tecnológicos y nuevas dinámicas sociales, representan la vanguardia en la economía global. Estos sectores se caracterizan por su capacidad de adaptarse rápidamente a las nuevas tecnologías, modelos de negocio disruptivos y cambios sociales, lo que los convierte en terreno fértil para la innovación. Desde la inteligencia artificial hasta la biotecnología, las empresas que operan en estos sectores enfrentan tanto desafíos como oportunidades. La capacidad de innovar de manera rápida y efectiva puede marcar la diferencia en el mercado globalizado.

Este eje temático aborda cómo los sectores más consolidados, como la agricultura, la manufactura y la energía, están experimentando una transformación significativa gracias a la adopción de tecnologías disruptivas, modelos de negocio innovadores y nuevos enfoques hacia la sostenibilidad. Así mismo plantea una discusión en torno a los sectores emergentes que, aunque todavía en desarrollo, se perfilan como los motores del futuro económico y social, como la inteligencia artificial, la biotecnología y la economía verde.

A lo largo de estas páginas, exploraremos cómo las empresas y organizaciones pueden moverse en un entorno cada vez más complejo y dinámico, y cómo las ideas más disruptivas pueden revitalizar sectores que parecían estancados. La clave para el éxito, como veremos, está en la capacidad de gestionar el cambio, reinventar procesos y productos, y construir un futuro más inclusivo, sostenible y eficiente. Innovar en sectores tradicionales no se limita a la incorporación de nuevas tecnologías; se trata, sobre todo, de tener una visión y ser adaptables. Por otro lado, los sectores emergentes nos invitan a pensar de manera diferente, a cuestionar lo establecido y a generar soluciones que aún no podemos imaginar. Este eje temático es un viaje a través de ambos mundos: los desafíos y oportunidades que surgen en un panorama cada vez más interconectado e impredecible. En definitiva, se busca ofrecer una visión integral sobre la innovación y su papel en el ámbito empresarial para el crecimiento y la sostenibilidad de las organizaciones.

DESARROLLO DE SISTEMA EMBEBIDO PARA DETERMINACIÓN Y ESTIMACIÓN DE HORAS-FRÍO MEDIANTE MODELOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

José Antonio Martínez Rivera

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango /jamartinez@itdurango.edu.mx

Ernesto Barboza Castañeda

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / 14040355@itdurango.edu.mx

Norma Alicia García Vidaña

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / norma.garcia@itdurango.edu.mx

Rubén Guerrero Rivera

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / rubenguerrero@itdurango.edu.mx

Eduardo Gamero Inda

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / egamero@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

La cantidad de horas-frío acumuladas en una región geográfica está directamente relacionada con la producción y la calidad de los cultivos caducifolios. La cuantificación de horas-frío permite la planeación de actividades y el análisis de viabilidad de producción en base a su requerimiento de frío. La obtención de esta información se realiza manualmente mediante la contabilización de los registros de un termógrafo, la precisión alcanzada mediante este método es alta y su aplicación es sencilla pero tediosa.

Una de las principales desventajas para el uso de este método es la dificultad para adquirir un termógrafo, debido a esto, la mayoría de los agricultores recurren al uso de modelos matemáticos de menor precisión y de fácil aplicación. En esta investigación se presenta el diseño e implementación de una estación meteorológica en un sistema embebido para la obtención de las variables climatológicas de temperatura y humedad relativa del aire que opera bajo los protocolos de comunicación LoRa y GSM.

Mediante los datos adquiridos por el sistema de medición se generó el dataset para realizar el entrenamiento supervisado de una red neuronal artificial para la predicción de horas-frío en función de los registros máximos y mínimos diarios de las variables registradas. La precisión del modelo para una estimación diaria fue de un 84.38% con un error cuadrático medio de 0.91, al comparar los resultados obtenidos por el modelo de forma global en un periodo mensual se obtuvo una diferencia de 2.64 horas-frío respecto a las horas-frío acumuladas por el sistema embebido.

Palabras clave: aprendizaje automático, cultivos caducifolios, horas-frío, protocolo LoRa, redes neuronales artificiales.

ABSTRACT

The amount of chilling hours accumulated in a geographical region is directly related to the production and quality of deciduous crops. The quantification of chilling-hours allows the planning of activities, and the analysis of production viability based on their chilling requirements. This information is obtained manually by counting the records of a thermograph, the accuracy achieved by this method is high and its application is simple but tedious.

One of the main disadvantages for the use of this method is the difficulty to acquire a thermograph, because of this, most farmers resort to the use of mathematical models of lower precision and easy application. This research presents the design and implementation of a weather station in an embedded system to obtain the climatological variables of temperature and relative humidity of the air that operates under the LoRa and GSM communication protocols.

Using the data acquired by the measurement system, a dataset was generated to perform the supervised training of an artificial neural network for the prediction of chill-hours based on the daily maximum and minimum records of the recorded variables. The accuracy of the model for a daily estimation was 84.38% with a mean square error of 0.91. When comparing the results obtained by the model globally in a monthly period, a difference of 2.64 cold-hours was obtained with respect to the cold-hours accumulated by the embedded system.

Keywords: machine learning, deciduous crops, chill-hours, LoRa protocol, artificial neural networks.

INTRODUCCIÓN

La agricultura, tal como la conocemos hoy, no ha evolucionado significativamente desde sus orígenes en la revolución neolítica, hace unos 8000 años a.C. Aunque la implementación de fertilizantes y pesticidas durante la llamada “revolución verde” impulsó la productividad agrícola, también trajo consecuencias negativas para el medio ambiente (Gómez et al., 2024). Estos insumos han contribuido a la sobreexplotación de los suelos, al incremento de la resistencia de plagas y a la pérdida de biodiversidad (Ocampo et al., 2022; González, 2016).

En los países latinoamericanos, el crecimiento en la producción de alimentos ha sido visto como un camino para aumentar las exportaciones agroalimentarias, bajo una lógica económica capitalista que, en muchos casos, resulta incompatible con un enfoque de sustentabilidad (Segrelles, 2001). México, se encuentra entre los líderes mundiales en la producción de alimentos, con exportaciones que en 2023 generaron ingresos por 51 mil 874 millones de dólares (SADER, 2024).

La agricultura en México está estrechamente ligada a la economía y el desarrollo del país. A medida que crece la población, también lo hace la demanda alimentaria, tanto a nivel nacional como transnacional (SADER, 2021). México ocupa el puesto número 12 a nivel mundial en la producción de alimentos y es un importante productor de manzana, ubicándose en el puesto 13 a nivel global (SAGARPA, 2016). Los estados de Durango, Chihuahua y Puebla son los principales productores de manzana a nivel nacional, lo que subraya la importancia de este cultivo para la economía del país (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017).

A pesar de la relevancia de la agricultura en el desarrollo económico, el sector agrícola en México ha tenido una baja adopción de tecnologías avanzadas. Esto se debe, en parte, a la falta de programas efectivos que permitan la transferencia de conocimiento desde los centros de investigación al sector rural (Ramírez, 2016). Como resultado, los agricultores suelen utilizar técnicas heredadas de generaciones anteriores, que no contemplan las necesidades tecnológicas actuales ni los desafíos ambientales a los que se enfrentan hoy en día.

El uso de técnicas agrícolas genéricas, que no tienen en cuenta las particularidades de cada cultivo ni las condiciones específicas de cada sitio, conduce a la degradación ambiental y limita la eficiencia productiva. Esto afecta tanto la producción como la economía agrícola (Alvarez et al., 2019). El cultivo

de manzana, como otros frutales caducifolios, depende de factores climáticos específicos, entre ellos, la acumulación de horas-frío, que influye directamente en la calidad del cultivo y en los tiempos de producción (Flores, 2007).

El cambio climático ha alterado las condiciones de acumulación de horas-frío en muchas regiones, reduciendo el tiempo en que las temperaturas son favorables para el desarrollo óptimo de cultivos como el manzano (Maio, 2020). Esto ha llevado a los agricultores a adoptar prácticas alternativas, como la aplicación de compensadores de frío (nitratos de potasio, peróxido de hidrógeno), aunque estas prácticas se realizan sin suficiente conocimiento sobre las necesidades específicas de cada cultivo, generando costos elevados o pérdidas en la producción (Soto et al, 2020).

La agricultura de precisión (AP) ofrece una solución al problema de la ineficiencia productiva y el impacto ambiental, mediante la aplicación de tecnologías avanzadas que optimizan el uso de recursos (NCDC, 2008). El objetivo principal de la AP es satisfacer las demandas del mercado global por productos de alta calidad y bajo costo, al tiempo que minimiza los impactos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, emplea herramientas tecnológicas como los sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica (GIS), sensores remotos, monitores de rendimiento y maquinaria inteligente (INCYTU, 2018).

El concepto de horas-frío es fundamental para los cultivos caducifolios, como el manzano, ya que estas plantas requieren de un periodo de inactividad durante el invierno para reanudar su ciclo productivo (Brown, 2011). Las horas-frío se definen como el tiempo, medido en horas, en que el cultivo se encuentra expuesto a temperaturas dentro de un rango óptimo para romper el estado de dormancia (Calderón, 1992). Sin embargo, no existe un consenso sobre el rango exacto de temperaturas necesarias para este proceso, con autores sugiriendo diferentes umbrales que van desde los 0°C hasta los 12°C (Nightingale et al., 1934; Agustí, 2010).

Existen dos métodos principales para cuantificar las horas-frío, el método directo que utiliza dispositivos como el termohigrógrafo, que mide la temperatura y la humedad relativa de manera continua (Mendoza, 2020). Aunque es muy preciso, su aplicación es limitada debido a su complejidad y coste, y el método indirecto que se basa en modelos matemáticos para estimar la acumulación de horas-frío, siendo más práctico pero menos preciso que el método directo (Fadón et al., 2020).

Este proyecto propone una metodología para la cuantificación de horas-frío, utilizando una combinación de tecnologías y métodos innovadores. La primera etapa consiste en el diseño e implementación de una estación meteorológica que registre la temperatura y la humedad relativa cada 15 minutos. Esta información permitirá un análisis detallado y en tiempo real de las condiciones climáticas.

La segunda etapa aborda el uso de técnicas de inteligencia artificial para la estimación de horas-frío. A través del aprendizaje supervisado, el modelo utilizará datos históricos de temperatura y humedad para predecir la acumulación de horas-frío. Las variables predictoras serán las temperaturas máximas y mínimas diarias, mientras que la variable a predecir será la acumulación de horas-frío durante el mismo periodo. El objetivo es desarrollar un modelo práctico y confiable que proporcione información precisa y útil para los agricultores.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

La construcción del sistema de medición se basó en un esquema de nodo sensor y puerta de enlace, considerando las limitaciones del sitio donde se llevarán a cabo las mediciones. La prueba de funcionalidad del sistema fue desarrollada en la huerta El Moral ubicada en el Municipio de Canatlán, Durango, este lugar no cuenta con cobertura de red GSM, ni con acceso a la red eléctrica, lo que representó un desafío durante la fase de diseño. El sistema está diseñado para adquirir datos climatológicos, específicamente temperatura y humedad relativa del aire, en intervalos de 15 minutos, figura 1.

Figura 1. Esquema general del sistema de medición



El nodo sensor LoRa registra las variables climatológicas en el lugar deseado y envía los datos a una puerta de enlace usando el protocolo LoRa. Esta puerta de enlace, ubicada en un punto estratégico con cobertura GSM, recibe la información y la publica en el servidor web Azure IoT Central® a través del protocolo HTTPS. En Azure IoT Central®, los datos se almacenan, procesan y monitorean. Los datos obtenidos en formato CSV desde Azure IoT Central se procesaron con Excel, figura 2. Las mediciones faltantes se estimaron con el promedio de los datos adyacentes, ya que, debido a la baja variabilidad nocturna, estas ausencias no superaron los 30 minutos. Esto hace que la probabilidad de un error significativo en la estimación sea mínima, a menos que ocurra un evento extraordinario.

Figura 2. Imputación de registros faltantes

| EC | ED | EE | EF | EG | EH |
|------------------|-------------|--|------------------|-------------|------------|
| Interval | Temperatura | Compl.Prom | Interval | Temperatura | Compl.Prom |
| 29/04/2024 00:00 | 17.3 | OK. | 30/04/2024 00:00 | 19.4 | OK. |
| 29/04/2024 00:15 | 17.5 | OK. | 30/04/2024 00:15 | 19.1 | OK. |
| 29/04/2024 00:30 | 17.6 | OK. | 30/04/2024 00:30 | 15.5 | OK. |
| 29/04/2024 00:45 | 16.9 | OK. | 30/04/2024 00:45 | 13.9 | OK. |
| | 16.85 | OK. | 30/04/2024 01:00 | 13 | OK. |
| 29/04/2024 01:15 | 16.8 | OK. | 30/04/2024 01:15 | 11.1 | OK. |
| 29/04/2024 01:30 | 15.8 | OK. | 30/04/2024 01:30 | 11.6 | OK. |
| 29/04/2024 01:45 | 12.1 | OK. | 30/04/2024 01:45 | 12.1 | OK. |
| 29/04/2024 02:00 | 11.6 | OK. | | | 11.7 |
| 29/04/2024 02:15 | 11.2 | OK. | 30/04/2024 02:15 | 11.1 | OK. |
| 29/04/2024 02:30 | 11.1 | OK. | 30/04/2024 02:30 | 9.9 | OK. |
| 29/04/2024 02:45 | 10.3 | OK. | 30/04/2024 02:45 | 11.5 | OK. |
| | | = SI(ESBLANCO(ED14), (ED13+ED15)/2, "OK.") | | | |
| 29/04/2024 03:15 | 10.5 | OK. | | | |
| 29/04/2024 03:30 | 10.7 | OK. | 30/04/2024 03:30 | 8 | OK. |
| 29/04/2024 03:45 | 7.7 | OK. | 30/04/2024 03:45 | 7.7 | OK. |
| 29/04/2024 04:00 | 8 | OK. | 30/04/2024 04:00 | 7.7 | OK. |
| | | 7.5 | 30/04/2024 04:15 | 6.6 | OK. |
| 29/04/2024 04:30 | 7.6 | OK. | 30/04/2024 04:30 | 5.9 | OK. |
| 29/04/2024 04:45 | 7.2 | OK. | 30/04/2024 04:45 | 6.7 | OK. |
| 29/04/2024 05:00 | 6.2 | OK. | 30/04/2024 05:00 | 6.1 | OK. |
| 29/04/2024 05:15 | 5.8 | OK. | 30/04/2024 05:15 | 5.8 | OK. |

Aparte de los registros cada 15 minutos, el explorador de datos proporcionó las temperaturas y humedades relativas diarias máximas y mínimas.

La cuantificación diaria de horas-frío se realizó mediante los registros de temperatura y humedad relativa medidos en periodos de 15 min y la ecuación (1):

$$\text{Horas Frio (diarias)} = (S - I) * f \quad (1)$$

Donde:

S = Número de registros que se encuentran por debajo de los 7.2 °C.

I = Número de registros que se encuentran por debajo de los 2.5 °C.

f = Frecuencia de medición en horas.

El resultado de la ecuación (1) se redondea al número entero más cercano. Es crucial que los registros estén completos, al menos durante el tiempo en que las temperaturas caen dentro del rango relevante.

Antes de ingresar los datos a la red neuronal (Pertille et al., 2019), es necesario que sigan una estructura específica y estén organizados según los requisitos de la plataforma Edge Impulse® para su procesamiento. Los datos recopilados y la metodología utilizada para cuantificar las horas-frío permitieron preparar el conjunto de datos para realizar un entrenamiento supervisado (Maulud, 2020). En este proceso, se usan los valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa como variables predictoras para estimar la cantidad de horas-frío acumuladas diariamente.

Una vez importado el dataset mediante el asistente de la plataforma Edge Impulse® se creó una red neuronal artificial mediante un enfoque visual, los parámetros de diseño y configuración son los siguientes: optimizador tipo Adam, tasa de aprendizaje de 0.005, función de activación tipo Relu, 100 ciclos de entrenamiento, primera capa oculta de 20 neuronas, segunda capa oculta con diez neuronas (Konstantinos et al., 2018;Edas,2020; Edian,2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se diseñó una herramienta tecnológica para la adquisición y monitoreo de variables climáticas que satisface las necesidades básicas de energía y comunicación dentro del sitio de estudio, operante bajo los protocolos de comunicación LoRa y GSM, el sistema de medición permite la obtención de información de temperatura y humedad relativa del aire en periodos quince minútales para la derivación de la cantidad de horas-frío acumuladas, con la información recopilada por la estación meteorológica se creó el set de datos para el entrenamiento supervisado de una red neuronal artificial que considera los registros máximos y mínimos diarios para la estimación de la cantidad de horas-frío, figura 3.

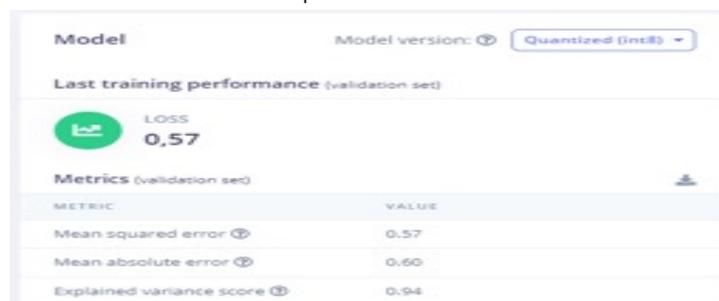
Figura 3. Sistema de adquisición y monitoreo de datos climatológicos en Azure IoT Central



Según la metodología propuesta, se entrenó una red neuronal artificial usando como variables de entrada los valores máximos y mínimos de la temperatura del aire y una segunda red añadiendo los valores máximos y mínimos de la humedad relativa del aire, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

En la figura 4, se observan las métricas de desempeño del modelo de red neuronal artificial en la etapa de validación, que considera los valores máximos y mínimos de temperatura del aire para la estimación de la cantidad de horas-frío acumuladas diariamente.

Figura 4. Métricas de desempeño de la red neuronal de dos variables



Los resultados de la clasificación en la etapa de validación se muestran con puntos verdes para aquellas estimaciones dentro del rango de error permitido (0.8 unidades) y con color rojo los resultados que sobrepasan el margen de error, figura 5.

Figura 5. Análisis visual del desempeño de la red de dos variables



En la figura 6, se muestran las métricas de desempeño de ambas redes para la predicción de la cantidad de horas-frío acumuladas diariamente durante el periodo del 11 de marzo al 11 de abril del año 2024, en la tabla 1, se muestra una comparación en la configuración y el desempeño obtenido.

Figura 6. Comparación de redes mediante las métricas de desempeño

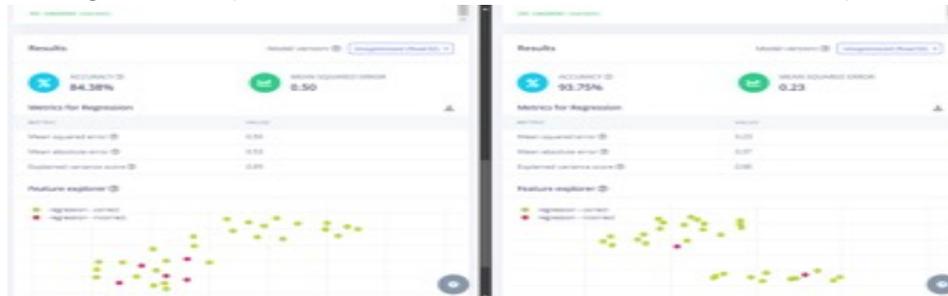


Tabla 1. Comparación del desempeño/configuración de redes neuronales de dos y cuatro variables

| Parámetros de red | 2 variables | 4 variables |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| Variables predictoras | Temperatura máx. y mín. | Temperatura máx. y mín. Humedad máx. y mín. |
| Impulso | Datos de series de tiempo | Datos de series de tiempo |
| Bloque de procesamiento | Raw data | Raw data |
| Bloque de aprendizaje | Regression | Regression |
| Ciclos de entrenamiento | 800 | 800 |
| Tasa de aprendizaje | 0.005 | 0.005 |
| Optimizador | Adam | Adam |
| Función de activación | Relu | Relu |
| Perdida (set de validación) | 0.54 | 0.37 |
| Estructura de red | CE:2 | CE:2 |
| Tipo de capa: Número de neuronas | CO1:20 CO2:10 CS:1 | CO1:20 CO2:10 CS:1 |
| Precisión | 84.38% | 93.75% |
| MSE | 0.50 | 0.23 |
| MAE | 0.53 | 0.37 |

Debido a que tras la revisión del estado del arte se observó una ambigüedad en el concepto de horas-frío, se entrenó la red de cuatro variables para temperaturas en el rango de 2.5°-7°C y de 0°-10°C, los resultados obtenidos y una comparación con el desempeño del modelo de temperaturas inferiores a 7°C se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Aproximaciones a la cantidad de horas-frío acumuladas bajo los diferentes criterios

| Temperaturas consideradas | Precisión | MSE | MSA | Acumulación por cuantificación de registros | Obtenido por sumatoria de predicciones |
|--------------------------------------|-----------|------|------|---|--|
| Inferiores a 7.2°C | 93.75% | 0.23 | 0.37 | 116 | 118.35 |
| Mayores a 2.5°C e inferiores a 7.2°C | 84.38% | 0.91 | 0.69 | 85 | 87.64 |
| Mayores a 0°C e inferiores a 10°C | 68.75% | 1.28 | 0.83 | 165 | 150.22 |

La estimación mensual se realizó mediante la sumatoria de las predicciones de los modelos mostrando una diferencia de 2.35 horas-frío por encima de las 116 horas-frío para el modelo que considera las temperaturas inferiores a 7.2°C, 2.64 horas-frío superior a la del modelo que considera el rango entre 2.5°C y 7.2°C, en el caso del modelo que considera el rango de temperaturas de 0°-10°C la diferencia fue de 14.78 horas-frío.

Tras la comparación de las estimaciones mensuales bajo los diferentes modelos con los modelos de Damota, Crossa-Raynaud, Sharp, y el modelo modificado de Sharp por Morales se obtuvo la tabla 3.

Tabla 3. Comparación de los diferentes modelos con los modelos matemáticos de Da Mota, Sharp, y Crossa-Raynaud

| Método | Horas-frío | Error | Error (%) |
|----------------------|------------|--------------|-------------|
| Directo (<7.2°C) | 116 | 0 | 0 |
| ANN (<7.2°C) | 118.35 | 2.35 | 2.025862069 |
| Directo (2.5°-7.2°C) | 85 | 0 | 0 |
| ANN (2.5°-7.2°C) | 87.64 | 2.64 | |
| Directo (0°-10°C) | 165 | 0 | 0 |
| ANN (0°-10°C) | 150.22 | 14.78 | |
| Da Mota | 24.6199618 | -91.38003817 | 78.77589497 |
| Sharp (Torres,R) | 98.8364476 | -17.1635524 | 14.79616587 |
| Sharp (Morales, M) | 98.8864476 | -17.1135524 | 14.75306242 |
| Crossa-Raynaud | 199.757178 | 83.75717809 | 72.20446387 |

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad para la estimación de la cantidad de horas-frío mediante tecnología IoT y técnicas de aprendizaje de máquina, el monitoreo de las variables climatológicas y la cuantificación de horas-frío brinda información indispensable para la correcta toma de decisiones y optimizar el proceso de producción de manzanas.

A pesar de que la precisión del modelo que considera el rango de 2.5°-7.2°C (84.38%) para una estimación diaria es inferior a la del modelo que considera solo las temperaturas menores a 7.2°C (93.75%), la diferencia para una estimación mensual no es significativa, ambos tienen un error inferior a tres unidades de horas-frío.

El método presenta una gran flexibilidad para afrontar la ambigüedad en el margen de medición de las horas-frío, esto derivó en un intervalo de estimación con un límite mínimo de 85 horas-frío y como máximo 165 horas-frío. Solo los métodos derivados de Sharp se encuentran dentro de este rango de estimación bajo los diferentes criterios para la cuantificación de horas-frío, por lo tanto, las estimaciones de los modelos matemáticos de Da Mota y Crossa-Raynoud con 24.61 y 199.75 horas-frío respectivamente, no presentan estimaciones confiables en la región geográfica donde se realizó el estudio.

El sistema de alerta por mensajes SMS permitió minimizar la pérdida de datos derivados de fallos previstos o imprevistos durante el periodo en que se realizó el estudio. La metodología aplicada en esta investigación se presenta como una alternativa a los métodos tradicionales y su desempeño no está restringido a una región específica.

REFERENCIAS

- Alvarez, A., Arellano, M. E., & Bugarín, R. (2019). Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, Méx. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 175-185.
- Agusti, M. (2010). *Fruticultura* (2 ed.). (M.-P. Libros, Ed.) Madrid, España.
- Azari, B., Hassan, K., Pierce, J., & Ebrahimi, S. (2022). Evaluation of Machine Learning Methods Application in Temperature Prediction. *Computational research progress in applied science & engineering*, 1-12.
- Brown, P., & Luedeling, E. (2011). A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *International Journal of Biometeorology*, 411-421.
- Calderón, E. (1992). *Manual del Fruticultor Moderno*. Mexico, D.F.: Limusa.
- Edian, F., & Ramos, J. (2019). Aprendizaje de máquina y aprendizaje profundo en biotecnología: aplicaciones, impactos y desafíos. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 7-26.
- Egas, A. K., & Roque, C. T. (2020). Diseño de un modelo predictivo basado en técnicas de machine learning que permita determinar la temperatura usando los datos de una mini estación meteorológica en la ciudad de Guayaquil. *Universidad de guayaquil/facultad de ciencias matemáticas y físicas carrera de ingeniería en sistemas computacionales*.
- Flores, P. C. (2007). Requerimiento de Frío en Frutales: Efectos Negativos sobre la Producción de Fruta. *Agromensajes*, 13-14.
- Fadón, E., Herrera, S., Guerrero, B. I., Guerra, E. M., & Javier, R. (2020). Chilling and Heat Requirements of Temperate Stone Fruit Trees (*Prunus* sp.). *Agronomy*. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy10030409>
- García, E., & Flego, F. (s.f.). Universidad de Palermo. Recuperado el 04 de Junio de 2024, de <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- González, C. P. (2016). *Agricultura de Precisión*. Obtenido de cicy: https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Eventos/2016/Taller-Nanomateriales/Ponentes/Agricultura-de-Precision_Ivan-Gonzalez.pdf
- Gómez, R. J., & Morales, M. L. (s.f.). Huerto Fenológico del colegio de geografía. Recuperado el 05 de Junio de 2024, de algunas consideraciones sobre el concepto de horas-frío y sus métodos de cálculo. alternativa en su estudio.: <http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2017/05/CONCEPTO-DE-HORAS-FRIO.pdf>
- INCYTU. (2018). *Agricultura de Precisión*. Ciudad de México.
- Konstantinos, G. L., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*, 1-29.
- Maio, S. (2020). Estimación de valores agroclimáticos de horas de frío en San Pedro (Provincia de Buenos Aires, Argentina) y escenario futuro. *Revista Argentina de Agrometeorología*, 45-53.
- Maulud, D. H., & Abdulazeez, A. M. (2020). A Review on Linear Regression Comprehensive in Machine Learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 140-147.

- Mendoza, G. E. (2020). Cuantificación y acumulación de horas-frío y días-grado en el valle alto de Cochabamba. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, 144-150.
- NCDC. (2008). National Oceanic and Atmospheric Administration. Obtenido de <https://www.noaa.gov/>
- Nightingale, G., & Blake, M. (1934). Effects of temperature on the growth and composition of Stayman and Baldwin apple tree.
- Ocampo, Velázquez, Rosalía V.; Rojas Reséndiz, Andrea L.; Villagómez Aranda, Ana Laura. (2022). Breve historia de la agricultura. En R. G. Guevara González, & I. Torres Pacheco, *Manejo del estrés vegetal como una estrategia para una agricultura sostenible* (págs. 13-52). Almería.
- Pertille, R. H., Sachet, M. R., Guerrezi, M. T., & Citadin, I. (2019). An R package to quantify different chilling and heat models for temperate fruit trees. *Computers and Electronics in Agriculture*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105067>
- Ramirez, C. I. (2016). El desarrollo de la agricultura y el impacto que tendría en las finanzas públicas de México. México.
- SADER. (26 de septiembre de 2021). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento-de-dos-digitos-en-produccion-nacional-de-manzanas-al-cierre-del-ciclo-agricola-2021>
- SADER. (11 de Febrero de 2024). Gobierno de México. Obtenido de *Rompen récord exportaciones agroalimentarias en 2023, superan los 51 mil mdd: Agricultura*: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/rompen-record-exportaciones-agroalimentarias-en-2023-superan-los-51-mil-mdd-agricultura#:~:text=La%20balanza%20comercial%20agropecuaria%20y,m%C3%A1s%20alta%20en%2031%20a%C3%B1os>.
- SADER. (2024). Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/principales-exportaciones-de-mexico>
- SAGARPA: SUBSECRETARÍA DE AGRICULTURA. (2016). Gobierno de México. Obtenido de *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256430/B_sico-Manzana.pdf
- Segrelles, J. A. (2001). Problemas ambientales, agricultura y globalización en América Latina. *revista electrónica de geografía y ciencias sociales*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (15 de Mayo de 2017). Gobierno de México. Obtenido de *Blog*: <https://www.gob.mx/siap/articulos/manzana-mexico-produjo-716-930-toneladas-en-2016?idiom=es>
- Soto, P. J., Flores, C. M., Sanchez, C. E., & Piña, R. F. (2020). Compensadores de frío en manzano Golden Glory desarrollo y producción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11, 69-82.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL COMPETITIVO DE LA REGIÓN

FRONTERIZA NORESTE DEL ESTADO SONORA

Manuel Antonio Rivera Rodríguez

Tecnológico Nacional De México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta / m.rivera@aguaprieta.tecnm.mx

Jesús Eduardo Rocha Osuna

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Agua Prieta / j.rocha@aguaprieta.tecnm.mx

RESÚMEN

Este capítulo presenta una propuesta metodológica para el análisis de la competitividad regional en la zona fronteriza noreste de Sonora, México. El estudio aborda la necesidad de evaluar de manera integral los factores que influyen en la competitividad regional, identificando áreas clave como la infraestructura tecnológica, la innovación, el capital humano y las estrategias de producción. A través de un enfoque metodológico mixto, se ha diseñado un índice sintético que permite analizar estos elementos con el fin de ofrecer un panorama holístico sobre el estado actual de la competitividad en la región.

El capítulo desarrolla un modelo estructurado en diversos pasos que incluyen la delimitación del objeto de estudio, la definición de variables clave y la construcción de un instrumento de recolección de datos que incorpora tanto preguntas de valoración objetiva como de reflexión cualitativa. Este instrumento permite evaluar la importancia y el desempeño actual de cada factor de competitividad a través de encuestas y entrevistas dirigidas a los actores económicos de la región.

Dado que el capítulo se presenta como una propuesta metodológica, no se han incluido resultados finales, sino más bien una guía detallada de cómo aplicar y adaptar el índice sintético. Esta propuesta busca proporcionar un marco robusto para la recolección y análisis de datos que permitirá desarrollar políticas públicas y estrategias empresariales orientadas a mejorar la competitividad en la región, promoviendo así un desarrollo económico más sostenible y equitativo.

Palabras clave: Competitividad regional, Metodología de evaluación, Índice sintético.

ABSTRACT

This chapter presents a methodological proposal for analyzing regional competitiveness in the northeastern border zone of Sonora, Mexico. The study addresses the need for a comprehensive evaluation of factors that influence regional competitiveness, identifying key areas such as technological infrastructure, innovation, human capital, and production strategies. Through a mixed-method approach, a synthetic index has been designed to analyze these elements, providing a holistic view of the current state of competitiveness in the region.

The chapter develops a structured model in various steps, including the delimitation of the study object, the definition of key variables, and the construction of a data collection instrument that incorporates both objective valuation questions and qualitative reflection. This instrument allows the evaluation of both the importance and current performance of each competitiveness factor through surveys and interviews with economic actors in the region.

Since the chapter is presented as a methodological proposal, it does not include final results but rather offers a detailed guide on how to apply and adapt the synthetic index. This proposal seeks

to provide a robust framework for data collection and analysis that will enable the development of public policies and business strategies aimed at improving competitiveness in the region, thus promoting more sustainable and equitable economic development.

Keywords: Regional competitiveness, Evaluation methodology, Synthetic index

INTRODUCCIÓN

La competitividad regional se ha consolidado como un factor determinante para el desarrollo económico y social en el siglo XXI. En un mundo caracterizado por la globalización y la integración de los mercados, la capacidad de una región para competir eficazmente no solo define su posición económica, sino también su bienestar social (Porter, 2019; Florida, 2021). En este sentido, la competitividad se convierte en un parámetro crítico que afecta la atracción de inversiones, la retención de talento y el acceso a mercados globales (Ramírez & López, 2020).

En presente trabajo se desarrolla en una de las regiones que ha presentado un crecimiento acelerado y su dinamismo competitivo se ha caracterizado por ser de alta envergadura, esta región se denomina Zona fronteriza del noreste de Sonora. La región fronteriza noreste de Sonora se extiende a lo largo de la línea limítrofe entre México y los Estados Unidos, abarcando aproximadamente 560 kilómetros de frontera entre Sonora, Arizona y Nuevo México (INEGI, 2021). Dicha región mantiene una importancia estratégica para México, no solo por su proximidad a uno de los mercados más grandes del mundo, sino también por ser un nodo clave en el comercio internacional debido al Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) (Guzmán-Anaya, 2021). La ubicación geográfica ofrece oportunidades significativas para fortalecer la competitividad regional mediante el comercio transfronterizo, atrayendo inversiones y fomentando el crecimiento económico (Ramírez & Salgado, 2020).

En el marco de este capítulo, se explora la Innovación Social Inclusiva como un concepto ideológico que subraya la importancia de integrar el desarrollo económico con un enfoque que atienda las necesidades de todos los sectores de la sociedad, especialmente aquellos tradicionalmente marginados (Sánchez Cárcamo & Parra Moreno, 2024). La innovación social inclusiva busca no solo impulsar el crecimiento económico, sino también promover la equidad, la inclusión y la sostenibilidad en la región (Castro-Nuño et al., 2024).

Este enfoque es particularmente relevante en la región fronteriza noreste de Sonora, donde las disparidades en infraestructura y acceso a tecnología presentan desafíos únicos (Peña & Castillo, 2020). Al abordar la competitividad desde una perspectiva inclusiva, el capítulo propone que el desarrollo regional debe ir de la mano con la creación de oportunidades equitativas para todos los habitantes. Esto implica mejorar no solo la infraestructura y el acceso a tecnologías avanzadas, sino también fortalecer el capital humano y la capacidad de innovación en sectores clave de la región, fomentando un crecimiento económico que sea, a la vez, sostenible e inclusivo (Florida, 2021).

La región fronteriza del noreste de Sonora mantiene un potencial competitivo notable, sustentada principalmente por su ubicación estratégica y dinamismo en el comercio internacional (Porter, 2019). Sin embargo, esta región enfrenta una serie de desafíos estructurales que limitan su capacidad para aprovechar de manera óptima estas oportunidades. A pesar de los beneficios derivados del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) y el crecimiento económico observado, persisten disparidades significativas en infraestructura, acceso a tecnología avanzada y desarrollo del capital humano (INEGI, 2020; Lu, Zhao & Liu, 2022).

El problema central radica en la ausencia de una evaluación integral y objetiva de los factores que influyen en la competitividad de la región. Sin esta evaluación, las políticas públicas y estrategias de desarrollo no responden adecuadamente a las necesidades específicas de los municipios que componen la región, Agua Prieta, Cananea, Naco y Nogales (Guzmán-Anaya, 2021). La falta de acceso equitativo a la infraestructura tecnológica y a oportunidades de innovación no solo limita el crecimiento económico, sino que también incrementa las disparidades socioeconómicas dentro de la región (Balcázar & Ontiveros, 2023).

En este sentido, la Innovación Social Inclusiva se convierte en un componente esencial para enfrentar estos desafíos, ya que aboga por un modelo de desarrollo que sea equitativo, sostenible y que considere las necesidades de todos los sectores de la sociedad (Merino-Rosero et al., 2024). Este enfoque permite abordar la competitividad de la región desde una perspectiva que no solo busca el crecimiento económico, sino también el bienestar social y la inclusión de los sectores tradicionalmente marginados (Valbuena Antolínez & Pico Bonilla, 2024).

Al no contar con un marco claro y medible para evaluar la competitividad de la región, existe un riesgo de implementación de políticas ineficaces que no optimizan el uso de los recursos ni potencian las fortalezas locales. Esto podría resultar en una planificación insuficiente que no tome en cuenta los factores clave, como la infraestructura, la innovación tecnológica y el capital humano, los cuales son determinantes críticos de la competitividad regional (Zavala & Hernández, 2021).

Para abordar esta problemática, este capítulo tiene como:

Objetivo General: Evaluar el potencial competitivo de la región fronteriza noreste del estado de Sonora mediante el desarrollo y aplicación de un índice sintético que analice la calidad de la infraestructura tecnológica, la inversión en innovación tecnológica, el nivel de educación y formación técnica, y las estrategias de producción en la industria manufacturera y maquiladora de exportación.

Para el logro del objetivo general se plantean los siguientes:

Objetivos específicos:

1. Analizar los factores clave que contribuyen a la competitividad regional, específicamente en infraestructura tecnológica, innovación, capital humano, y estrategias de producción en la región.
2. Desarrollar un índice sintético que mida objetivamente el potencial competitivo de la región, integrando los indicadores identificados en el análisis de factores clave.
3. Aplicar el índice sintético para evaluar la competitividad actual de la región noreste de Sonora, utilizando datos de los últimos cinco años (2019-2024).
4. Validar el índice con estadísticos para asegurar la confiabilidad del estudio y garantizar su aplicabilidad y efectividad.

La competitividad regional es la capacidad de una región para atraer y retener inversiones, talento y actividades productivas que impulsen un crecimiento económico sostenible y el bienestar social. Este concepto, según Porter (1990), se fundamenta en varios factores, tales como la infraestructura, el capital humano, la innovación y el entorno institucional. En el contexto de la región noreste de Sonora, la competitividad se convierte en un parámetro crítico que define no solo su posición económica, sino también su habilidad para integrarse en los mercados globales y mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Ramírez & López, 2020).

Este capítulo explora además el marco de la Innovación Social Inclusiva, un enfoque que promueve un desarrollo económico equitativo y sostenible, orientado a satisfacer las necesidades de todos los sectores de la sociedad, en particular aquellos que han sido tradicionalmente marginados (Sánchez Cárcamo & Parra Moreno, 2024). La innovación social inclusiva enfatiza que el progreso debe ser accesible y responder a problemáticas sociales, al tiempo que impulsa el crecimiento económico (Castro-Nuño et al., 2024). Para la región noreste de Sonora, la implementación de este enfoque implica enfrentar las disparidades en infraestructura y en el acceso a tecnología avanzada, así como fortalecer el capital humano para generar oportunidades de desarrollo equitativas (Florida, 2021).

Dentro de los factores determinantes de la competitividad, la infraestructura tecnológica juega un rol crucial. Esta abarca los sistemas y servicios que soportan actividades económicas y sociales, incluyendo redes de telecomunicaciones, acceso a internet de alta velocidad y tecnologías avanzadas (Lu, Zhao & Liu, 2022). Una infraestructura robusta es fundamental para reducir los costos de producción y facilitar la integración en la economía digital global (INEGI, 2021). Sin embargo, la región noreste de Sonora enfrenta carencias en este ámbito, lo que limita su potencial competitivo y hace necesario un enfoque de evaluación y mejora continua (Peña & Castillo, 2020).

Otro componente esencial es el capital humano, entendido como el conjunto de habilidades, conocimientos y competencias de la población, que impacta directamente en la productividad y en

la capacidad de innovación regional. Un nivel elevado de educación y formación técnica permite a la fuerza laboral adaptarse a las demandas cambiantes del mercado y promover la innovación (García, López & Mendoza, 2019). En Sonora, se observa una necesidad creciente de programas de educación y capacitación que respondan a las competencias específicas requeridas por las industrias estratégicas de la región (Valbuena Antolínez & Pico Bonilla, 2024).

Para evaluar estos factores de manera integral, se propone el desarrollo de un índice sintético de competitividad, una herramienta de medición que combina múltiples indicadores para ofrecer una visión comprensiva del potencial competitivo de la región (Ramírez & Salgado, 2020). Este índice incluirá variables como infraestructura tecnológica, capital humano, innovación y estrategias de producción, permitiendo así un análisis objetivo que sirva de guía para la formulación de políticas públicas y estrategias de desarrollo (Porter, 2019).

Finalmente, las estrategias de producción en la industria manufacturera y maquiladora constituyen un elemento esencial para la competitividad de Sonora. Estas estrategias engloban prácticas avanzadas de producción y metodologías de mejora continua que optimizan la eficiencia y la productividad (Lu, Zhao & Liu, 2022). Dado que la industria manufacturera y maquiladora representan sectores clave en la región, es fundamental la adopción de procesos de producción avanzada que aumenten la competitividad y el valor agregado de los productos regionales (Ramírez & López, 2020).

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, se presenta el planteamiento de la investigación, donde se contextualizan los desafíos que enfrenta la región fronteriza noreste de Sonora y se justifica la necesidad de una evaluación integral de su competitividad (Guzmán-Anaya, 2021). A continuación, el marco teórico desarrolla los principales conceptos relacionados con la competitividad regional y la innovación social inclusiva, fundamentando así la importancia de abordar el desarrollo regional desde un enfoque que integre equidad y sostenibilidad (Merino-Rosero et al., 2024).

Seguidamente, en la metodología, se describe el diseño de la investigación propuesto para evaluar el potencial competitivo de la región. Esta sección incluye la elaboración de un instrumento de valoración basado en un índice sintético de competitividad, que se compone de indicadores clave relacionados con la infraestructura tecnológica, la innovación, el capital humano y las estrategias de producción en la industria manufacturera y maquiladora de exportación (Zavala & Hernández, 2021). El desarrollo de este instrumento permitirá contar con una herramienta que facilite la futura evaluación de las fortalezas y debilidades de la región (Balcázar & Ontiveros, 2023).

Finalmente, este capítulo se limita a detallar el diseño del instrumento y el marco metodológico necesario para su implementación. La aplicación del instrumento y la obtención de resultados serán abordadas en etapas posteriores del proyecto, lo que permitirá medir objetivamente los factores que afectan la competitividad de la región y formular estrategias de desarrollo basadas en los hallazgos obtenidos.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio emplea un enfoque observacional transversal, lo cual permite evaluar el potencial competitivo de la región fronteriza noreste del estado de Sonora a través de la recolección y análisis de datos en un solo punto temporal. La investigación abarca el periodo comprendido entre 2019 y 2024, proporcionando una visión integrada de los factores que influyen en la competitividad regional en un contexto específico. La población de estudio se compone de las unidades económicas presentes en la industria manufacturera y maquiladora de exportación, así como de instituciones vinculadas a la educación tecnológica, y la infraestructura de Tecnologías de la Información y Comunicación. La muestra será seleccionada de manera representativa mediante un muestreo probabilístico, el tamaño de la muestra se determinará mediante fórmulas estadísticas, asegurando así una representación válida y precisa para las inferencias del estudio, considerando un error muestral del 5% y un nivel de confianza del 99%.

Diseño de Instrumentos de Investigación

Para la recolección de datos, se emplearán varios instrumentos cuidadosamente diseñados para capturar tanto información cuantitativa como cualitativa: Cuestionarios Estructurados: Dirigidos a gerentes y responsables de empresas, estos cuestionarios recopilarán datos sobre la infraestructura TIC, inversiones en innovación, niveles de formación técnica y estrategias de producción. Incluyen preguntas tanto cerradas como abiertas, permitiendo captar una variedad de datos y obteniendo información detallada sobre las variables independientes y dependientes de la investigación. En la figura 1 se muestra el instrumento de recopilación diseñado.

La encuesta se aplicará en una conjunción de encuesta – entrevista, para recopilar de primera instancia la información solicitada y si existiera una duda por parte del entrevistado, resolverla en el momento de la realización de la entrevista. Las entrevistas serán programadas y realizadas en persona o por videoconferencia.

Figura 1. Instrumento de recopilación de información



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Agua Prieta

Como parte de un estudio para valorar el potencial competitivo de la región fronteriza noreste de Sonora, se presenta este instrumento, dirigido a los responsables de operaciones, gerentes y líderes industriales de la región. La investigación tiene como objetivo identificar y analizar los factores clave que influyen en la competitividad, incluyendo la infraestructura tecnológica, la innovación, el capital humano y las estrategias de producción en las empresas del sector manufacturero y maquilador de exportación.

Este cuestionario se compone de tres apartados: Información General sobre la empresa o institución, valoración de los índices relacionados con la competitividad, y preguntas abiertas que permitirán comprender más a fondo cómo los indicadores específicos impactan la competitividad.

Por favor, responda cada pregunta de manera honesta y completa. Sus respuestas son confidenciales y serán utilizadas únicamente para fines de investigación, con el propósito de generar un análisis que contribuya al desarrollo económico de la región.

Agradecemos su participación y colaboración en este estudio

Apartado 1. Información general:
Instrucciones: Para las preguntas con opciones, subraye la respuesta que corresponda a su empresa o institución. Para las preguntas que requieren una respuesta abierta, complete la información de la manera más detallada posible. Esta información nos ayudará a contextualizar el análisis y adaptar los resultados a las características específicas de su sector.

| Pregunta | Respuesta |
|---|---|
| 1. Nombre de la empresa/institución: | _____ |
| 2. Dirección de la empresa/institución: | Calle: _____ Colonia: _____ Ciudad: _____ Código Postal: _____ |
| 3. Sector de la industria. (subraye) | Manufacturera Maquiladora TIC Educación Otro: _____ |
| 4. En caso de educación, indique: Tipo de capacitación que ofrece. (subraye) | Capacitación técnica Capacitación profesional Ambas |
| - Número promedio de egresados por año: | _____ |
| 5. En caso de tecnologías, indique: - Tiempo promedio de adaptabilidad a la innovación tecnológica. (subraye) | Menos de 1 año 1-2 años 2-3 años Más de 3 años |
| - Frecuencia de modernización del equipo tecnológico: | _____ |

6. En caso de manufactura o maquila, indique: - Tiempo promedio de contratación de nuevos empleados:

- Tiempo promedio de cambio de productos a fabricar. (subraye)

7. Participación en ferias de promoción de sus productos en el último año. (subraye)

8. Asistencia a foros de modernización en su campo de trabajo en el último año. (subraye)

9. Tamaño de la empresa. (subraye)

10. Ubicación de la empresa/institución: (subraye)

11. Antigüedad de la empresa/institución. (subraye)

12. Principales productos/servicios ofrecidos:

13. Porcentaje de productos/servicios destinados a la exportación. (subraye)

14. Nivel de inversión en investigación y desarrollo (I+D) en el último año. (subraye)

15. Tipo de infraestructura tecnológica disponible. (subraye todas las que apliquen)

Apartado 2. Valoración de los índices:
Este apartado tiene como objetivo evaluar la importancia y la valoración actual de diversos aspectos relacionados con la competitividad de su empresa. Por favor, lea cuidadosamente cada afirmación y considere las siguientes dos dimensiones al responder:

Considere en la respuesta la siguiente escala

| Importancia | 1. Sin importancia | 2. Poco importante | 3. Importante |
|-------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| | 4. Muy importante | 5. Altamente importante | |

Valoración actual VA

| 1. Totalmente en desacuerdo | 2. En desacuerdo | 3. Ni desacuerdo, ni en acuerdo |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 4. De acuerdo | 5. Totalmente de acuerdo | |

Para cada afirmación, subraye el número que mejor represente su opinión en ambas columnas de Importancia y Valoración Actual. Sea lo más preciso posible en su valoración para que los datos reflejen fielmente la realidad de su empresa.

| Importancia | Infraestructura Tecnológica | VA+ |
|-------------|---|-----------|
| 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| | 1. En mi empresa, se considera crucial mantener una conectividad a internet de alta calidad. | |
| | 2. Se asegura que los servicios de telecomunicaciones sean accesibles y fiables. | |
| | 3. La automatización de los procesos productivos se valora como una prioridad para mejorar la eficiencia. | |
| | 4. La empresa invierte en tecnologías avanzadas para mantenerse competitiva. | |
| | 5. La empresa participa en foros de actualización sobre tecnología para mantenerse al día con los avances del sector. | |
| | 6. La empresa incluye auditorías tecnológicas en sus planes operativos para evaluar y mejorar su infraestructura. | |
| | Innovación | |
| | 7. La inversión en investigación y desarrollo es fundamental para el crecimiento de mi empresa. | |
| | 8. Se promueve la realización de proyectos de innovación tecnológica constantemente. | |
| | 9. La capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías es esencial para la competitividad de la empresa. | |
| | 10. La empresa registra patentes o propiedad intelectual para proteger sus innovaciones. | |
| | 11. La empresa participa en foros nacionales o internacionales para la transferencia de conocimiento y tecnología. | |

Ave. Tecnológico y Carretera a Jarcos s/n C.P. 84200, Agua Prieta, Sonora, Teléfono: (632)331-0232, Fax: (632)331-0940, www.itaprieta.edu.mx



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Agua Prieta

Capital Humano

| Importancia | Capital Humano | VA+ |
|-------------|---|-----------|
| 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| | 12. El personal recibe capacitación técnica regularmente para mejorar sus habilidades. | |
| | 13. La empresa facilita el acceso a programas de formación y desarrollo para sus empleados. | |
| | 14. Existen programas de retención de talento para asegurar el desarrollo del capital humano. | |
| | 15. El personal tiene habilidades para trabajar con tecnologías avanzadas, lo cual se fomenta. | |
| | 16. La empresa cuenta con programas escalonarios que permiten la promoción interna de los empleados. | |
| | 17. Se fomenta la participación en programas que promueven la integración familiar y el cuidado del medio ambiente. | |
| | 18. La empresa ofrece programas inclusivos y de equidad para fomentar un ambiente de trabajo justo y diverso. | |
| | 19. Se implementan programas de innovación social que buscan un impacto positivo en la comunidad. | |

Estrategias de Producción y KPIs

| Importancia | Estrategias de Producción y KPIs | VA+ |
|-------------|---|-----------|
| 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 | 1 2 3 4 5 |
| | 20. La empresa adopta metodologías de producción avanzada para optimizar sus procesos. | |
| | 21. Se valora la alta productividad de la mano de obra en todos los procesos. | |
| | 22. La eficiencia operativa es una prioridad en la producción de la empresa. | |
| | 23. Se fomenta el uso de prácticas de mejora continua para mantener la competitividad. | |
| | 24. Se utilizan indicadores clave de desempeño (KPIs) para evaluar la eficiencia de los procesos. | |
| | 25. La empresa mide su retorno sobre inversión (ROI) para evaluar la rentabilidad de sus proyectos. | |
| | 26. El retorno sobre el capital (ROE) se analiza como un indicador clave del rendimiento financiero. | |
| | 27. Se controla la rotación de personal para mantener estabilidad y reducir costos operativos. | |
| | 28. La empresa monitorea los índices de accidentes y riesgos laborales para mejorar la seguridad en el trabajo. | |
| | 29. Los días de incapacidad se analizan para comprender su impacto en la productividad. | |
| | 30. Los datos recopilados mediante KPIs se utilizan para tomar decisiones estratégicas sobre la producción. | |

1. Infraestructura Tecnológica:
¿Cómo considera que la infraestructura tecnológica actual de su empresa impacta en su capacidad para competir en el mercado? Por favor, incluya ejemplos de cómo mejoran o actualizaciones tecnológicas han afectado los procesos y resultados de su empresa.

2. Innovación:
En su opinión, ¿cómo contribuye la inversión en innovación tecnológica a la sostenibilidad y crecimiento de su empresa? ¿Existen ejemplos de proyectos innovadores que hayan marcado una diferencia significativa en la competitividad de su empresa?

3. Capital Humano:
¿De qué manera la capacitación y el desarrollo del personal influyen en la competitividad de su empresa? Describa cómo los programas de desarrollo de habilidades y retención de talento impactan en el desempeño general de su empresa.

4. Estrategias de Producción:
¿Cómo afectan las metodologías de producción avanzada y el uso de indicadores de desempeño (KPIs) a la eficiencia y competitividad de su empresa? Proporcione ejemplos de cómo se utilizan estos indicadores para la toma de decisiones estratégicas en su empresa.

5. Responsabilidad Social e Inclusión:
¿De qué manera los programas de responsabilidad social, tales como aquellos que promueven la equidad, el cuidado del medio ambiente y la innovación social, contribuyen a la competitividad de su empresa? ¿Considera que estos programas fortalecen su posición en el mercado? Explique.

6. Adaptación a Cambios Tecnológicos:
¿Cuánto tiempo considera que le toma a su empresa adaptarse a nuevas tecnologías? ¿Qué desafíos enfrenta su empresa en este proceso y cómo estos desafíos afectan su capacidad para competir en un entorno de rápido cambio?

7. Participación en Foros y Ferias:
¿De qué manera influye la participación en foros de actualización tecnológica y ferias de promoción de productos en la visibilidad y competitividad de su empresa? Proporcione ejemplos de cómo estas actividades han tenido un impacto positivo o negativo en su empresa.

8. Impacto del Gobierno en la Competitividad:
¿Cómo considera que las políticas gubernamentales, la regulación y el apoyo del gobierno impactan en la competitividad de su empresa? ¿Existen áreas donde el gobierno podría mejorar su apoyo para ayudar a su empresa a competir de manera más efectiva? Proporcione ejemplos de cómo el gobierno ha influido positiva o negativamente en sus operaciones.

Agradecemos sinceramente el tiempo y esfuerzo que ha dedicado para completar este cuestionario. Su participación es fundamental para el éxito de esta investigación y para comprender mejor los factores que influyen en la competitividad de las empresas en la región. Queremos asegurarle que toda la información proporcionada será tratada con la más alta confidencialidad y utilizada exclusivamente para fines de esta investigación. La recopilación de datos se llevará a cabo con el máximo rigor ético y profesionalismo, y los resultados se presentarán de manera que protejan su privacidad y la de su empresa.

Ave. Tecnológico y Carretera a Jarcos s/n C.P. 84200, Agua Prieta, Sonora, Teléfono: (632)331-0232, Fax: (632)331-0940, www.itaprieta.edu.mx

Correo Electrónico: _____

Teléfono: _____

Ave. Tecnológico y Carretera a Jarcos s/n C.P. 84200, Agua Prieta, Sonora, Teléfono: (632)331-0232, Fax: (632)331-0940, www.itaprieta.edu.mx

El instrumento de recolección de datos está diseñado para alimentar el desarrollo de un índice sintético que evalúa la competitividad de la región fronteriza noreste de Sonora. Este índice se construye en torno a cuatro dimensiones clave: Infraestructura Tecnológica, Innovación, Capital Humano y Estrategias de Producción. Cada apartado del instrumento contribuye a este índice de manera específica.

Primero, el apartado de Información General permite clasificar las empresas según su perfil, proporcionando un contexto que facilita el análisis de patrones competitivos según el tipo y tamaño de la empresa. Luego, el apartado de Valoración de Índices recoge la opinión de los participantes sobre la importancia y la situación actual de diversos indicadores de competitividad. Esta doble valoración permite ponderar cada factor en el índice según su relevancia percibida y desempeño actual, destacando áreas prioritarias para el desarrollo competitivo. Finalmente, el apartado de Preguntas Abiertas proporciona una perspectiva cualitativa sobre cómo influyen estos factores en la competitividad de cada empresa, ayudando a contextualizar y enriquecer los datos cuantitativos. El análisis de datos se realizará en dos fases: cuantitativa y cualitativa. En la fase cuantitativa, se aplicarán técnicas de estadística descriptiva para resumir la importancia y la situación actual de cada indicador de competitividad, identificando las áreas prioritarias y con menor desempeño. Posteriormente, se calcularán ponderaciones según la importancia asignada a cada indicador, y se analizarán correlaciones entre ellos para detectar relaciones que puedan influir en la competitividad regional.

En la fase cualitativa, las respuestas a las preguntas abiertas serán sometidas a un análisis de codificación temática, identificando patrones y temas clave. Este análisis permitirá comprender la percepción de las empresas sobre los retos y oportunidades en las dimensiones evaluadas. La integración de ambos enfoques mediante la triangulación de datos fortalecerá la interpretación de los resultados y contribuirá al desarrollo del índice sintético. Este índice se construirá considerando tanto la valoración cuantitativa de cada dimensión como el contexto cualitativo, reflejando así un panorama integral del potencial competitivo de la región.

El índice sintético de competitividad se construirá a partir de los datos cuantitativos y cualitativos obtenidos, permitiendo una evaluación integral del potencial competitivo de la región. El proceso de desarrollo del índice consta de las siguientes etapas:

1. Ponderación de Indicadores:

Los datos cuantitativos, obtenidos del apartado de Valoración de Índices, serán utilizados para calcular un puntaje ponderado para cada indicador. La ponderación se basará en la importancia que los participantes asignaron a cada ítem. Esto asegura que el índice refleje la relevancia percibida de cada factor en la competitividad, dando más peso a aquellos considerados críticos por las empresas.

2. Cálculo del Puntaje:

Se calculará un puntaje individual para cada dimensión (Infraestructura Tecnológica, Innovación, Capital Humano y Estrategias de Producción) combinando los valores de importancia y situación actual. Esto permitirá obtener una medida estandarizada del desempeño de cada dimensión, lo que facilitará la comparación entre factores y la identificación de áreas clave para el desarrollo.

3. Integración de Datos Cualitativos:

Los resultados del análisis cualitativo se integrarán al índice proporcionando contexto y ajuste a los puntajes cuantitativos. La información obtenida de las preguntas abiertas, analizada mediante codificación temática, permitirá una interpretación enriquecida de los datos. Esto no solo identificará fortalezas y debilidades, sino también las percepciones de las empresas sobre cómo los factores impactan la competitividad.

4. Generación del Índice Global:

Finalmente, el índice sintético global se generará combinando los puntajes ponderados de cada dimensión. Cada dimensión contribuirá al índice general en función de su importancia, calculada con base en las valoraciones recogidas. Este índice global ofrecerá un puntaje final que refleje el estado actual de la competitividad en la región, orientando a los responsables de políticas y estrategias sobre áreas prioritarias para la inversión y el desarrollo.

Este índice permitirá una comprensión integral del entorno competitivo, facilitando la formulación de políticas basadas en evidencia y fortaleciendo las capacidades competitivas de la región fronteriza noreste de Sonora.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo estará enfocado en el desarrollo metodológico y el diseño del instrumento, por lo que este apartado se centrará en las expectativas y proyecciones anticipadas una vez que se aplique el índice sintético. En primer lugar, se espera que los resultados reflejen cómo los cuatro factores clave: Infraestructura Tecnológica, Innovación, Capital Humano y Estrategias de Producción, contribuyen de manera directa a la competitividad regional.

Se puede hipotetizar que una infraestructura robusta y actualizada permitirá reducir costos de operación y facilitará la integración de las empresas a cadenas de valor globales, destacando así la importancia de la inversión en infraestructura tecnológica. En términos de innovación, la capacidad de las empresas para adaptarse a los cambios tecnológicos y su participación en auditorías tecnológicas y foros de transferencia de conocimiento se proyectan como factores clave. Es de esperarse que aquellas empresas que inviertan en innovación y capacitación estén mejor posicionadas para competir tanto a nivel regional como internacional.

En cuanto al capital humano, se espera que los resultados muestren una correlación positiva entre la inversión en programas de educación, capacitación y equidad, y el nivel de competitividad. Esto refleja cómo la calidad del capital humano y la retención de talento son componentes esenciales para impulsar la productividad y el crecimiento sostenible. Por otro lado, la implementación de prácticas avanzadas de manufactura y la participación en ferias de modernización se anticipa como un elemento crucial dentro de las estrategias de producción. Se espera que estas prácticas se traduzcan en una mayor eficiencia y en una capacidad competitiva más elevada para las empresas de la región.

Finalmente, los resultados obtenidos de la aplicación del índice servirán como guía para decisiones estratégicas y políticas de desarrollo en la región noreste de Sonora. Se enfatiza la necesidad de promover políticas enfocadas en mejorar la infraestructura, fomentar la innovación, y desarrollar programas de capacitación, con el objetivo de fortalecer la competitividad regional. Estos resultados ayudarán a las empresas locales a identificar áreas clave de mejora y a aprovechar oportunidades de colaboración y crecimiento, contribuyendo así a un desarrollo económico más robusto y equitativo en la región.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este capítulo ha permitido establecer un modelo teórico y metodológico para evaluar la competitividad de la región fronteriza noreste de Sonora mediante un índice sintético. Este enfoque responde a la necesidad de analizar la competitividad desde un marco integral que considera factores como Infraestructura Tecnológica, Innovación, Capital Humano y Estrategias de Producción. Estos elementos han sido seleccionados por su influencia directa en el crecimiento económico y en la capacidad de las empresas para adaptarse a un mercado globalizado.

La metodología empleada, basada en un enfoque mixto, no solo facilita la captura de datos cuantitativos sino también de las percepciones cualitativas de los participantes, permitiendo así una comprensión completa y contextualizada de la competitividad en la región. A través de este enfoque, se espera identificar áreas prioritarias de inversión y mejora, ofreciendo una base sólida para la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales.

En cuanto al alcance de los objetivos, el diseño del instrumento y el desarrollo del índice sintético han cumplido con la meta de estructurar una herramienta aplicable que permite no solo medir la competitividad, sino también orientar el desarrollo regional.

Reflexionando sobre la competitividad regional, resulta evidente que el crecimiento económico no puede depender únicamente de las condiciones de mercado, sino también de la creación de un entorno inclusivo y equitativo que fomente el bienestar social y la sostenibilidad. Este capítulo subraya la importancia de una colaboración estrecha entre el sector público, privado y educativo para construir un ecosistema que apoye tanto el desarrollo económico como el social en la región fronteriza de Sonora. Al final, la competitividad regional debe entenderse como un proceso dinámico y multifacético, en el cual la adaptabilidad y la innovación son claves para alcanzar un desarrollo sostenible y equitativo.

REFERENCIAS

- Balcázar, A. P., & Ontiveros, A. A. (2023). Configuración de la competitividad sustentable. Análisis cualitativo comparado con conjuntos difusos. *Polis*, 19(1), 163-192.
- Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., & Chávez Solís, M. (2024). Evaluando la adaptación de la competitividad turística en diez destinos españoles: una propuesta multicriterio. *Cuadernos de Turismo*, (53), 187-213. <https://doi.org/10.6018/turismo.616451>
- Flores, J., & Rodríguez, C. (2019). Digital Transformation in the Mexican Manufacturing Sector: Impacts on Competitiveness. *Journal of Digital Economy and Competitiveness*, 15(4), 133-150.
- Florida, R. (2021). *The New Urban Crisis: Gentrification, Housing Bubbles, and the Rise of Inequality*. New York: Basic Books.
- Gálvez, R. (2019). Challenges in the Competitive Assessment of Border Regions: The Case of Northeast Sonora. *Latin American Regional Studies*, 27(2), 142-161.
- García, S., López, R., & Mendoza, J. (2019). The Role of Human Capital in Regional Competitiveness in Northern Mexico. *Mexican Journal of Economic Studies*, 22(4), 303-317.
- Gesto Rodríguez, J. (2024). Impacto de la brecha digital en el desarrollo sostenible y la competitividad: Un enfoque basado en técnicas avanzadas de machine learning. *Revista Honoris Causa*, 16(1), 54-71. Recuperado a partir de <https://revista.uny.edu.ve/ojs/index.php/honoris-causa/article/view/386>
- Guzmán-Anaya, R. (2021). Competitiveness and Development in Mexican Border Regions: A Policy Perspective. *Latin American Journal of Economic Development*, 11(1), 30-45.
- INEGI (2020). *Censo Económico de México 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: www.inegi.org.mx
- INEGI. (2021). *Informe de la Economía en la Frontera Norte de México 2021*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de: www.inegi.org.mx
- Lu, H., Zhao, G., & Liu, S. (2022). Integrating circular economy and Industry 4.0 for sustainable supply chain management: a dynamic capability view. *Production Planning & Control*, 35(2), 170-186. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2063198>
- Merino-Rosero, M. L., Sabando-Murillo, G. A., Siquihua-Aviles, M. S., & Guadalupe-Arias, O. B. (2024). Competitividad y desarrollo sostenible: un estudio de datos de panel para américa latina. *Kairós. Revista de Ciencias Económicas, Jurídicas y Administrativas*, 7(12), 24-43.
- OECD. (2021). *Regional Outlook 2021: Competitiveness and Inclusive Growth*. Paris: OECD Publishing.
- Peña, L., & Castillo, D. (2020). Impacts of Technological Infrastructure on Regional Development: A Case of Northern Mexico. *Journal of Innovation and Regional Development*, 34(2), 187-204.
- Pérez, L., & Hernández, M. (2021). Evaluating Regional Competitiveness Indicators: A Comparative Study of Mexico's Northern Borders. *Journal of Border Studies*, 19(2), 231-245.
- Porter, M. E. (2019). Restructuring Regional Economies: New Paradigms in Competitiveness. *Harvard Business Review*, 27(3), 16-24.

- Ramírez, E., & Salgado, M. (2020). Sustainable Development and Competitiveness in Mexican Manufacturing Regions. *Environmental Economics and Policy Studies*, 23(2), 59-75.
- Ramírez, P., & López, A. (2020). Innovation and Competitiveness in Border Regions: A Comparative Analysis. *Journal of Economic Geography*, 45(3), 455-470.
- Romero, M. (2018). Strategic Approaches for Sustainable Regional Competitiveness. *Sustainable Development Journal*, 15(2), 89-110.
- Sánchez Cárcamo, R. A., & Parra Moreno, C. F. (2024). La relación entre la asociatividad empresarial, la productividad y la competitividad: una revisión de la literatura. *Revista Universidad y Empresa*, 26(46).
- UNCTAD. (2019). Trade and Development Report 2019. United Nations Conference on Trade and Development. Recuperado de: unctad.org
- Valbuena Antolínez, S., & Pico Bonilla, C. M. (2024). Capital intelectual como generador de productividad y competitividad en la educación superior: una revisión sistemática. *Revista CEA*, 10(24), e2916. <https://doi.org/10.22430/24223182.2916>
- Vann Yaroson, E., Chowdhury, S., Mangla, S. K., Dey, P., Chan, F. T. S., & Roux, M. (2023). A systematic literature review exploring and linking circular economy and sustainable development goals in the past three decades (1991-2022). *International Journal of Production Research*, 62(4), 1399-1433. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2270586>
- Zavala, A., & Hernández, J. (2021). Innovation and Collaboration as Drivers of Competitiveness in Border Regions. *Journal of Mexican Economic Development*, 28(3), 58-72.

VIABILIDAD DEL USO DE BIOMASA COMO FUENTE ENERGÉTICA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE INVERNADEROS

Norma Alicia García Vidaña

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / norma.garcia@itdurango.edu.mx

Juan Valenzuela Valenzuela

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / 24040301@itdurango.edu.mx

José Antonio Martínez Rivera

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / jamartinez@itdurango.edu.mx

Mirka Maily Acevedo Romero

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana / mirka.ar@vguadiana.tecnm.mx

Rocío Margarita López Torres

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango / rmlopez@itdurango.edu.mx

RESÚMEN

En México, la generación de energía eléctrica depende principalmente de fuentes no renovables, como los hidrocarburos, que alimentan plantas termoeléctricas e hidroeléctricas. No obstante, existen alternativas renovables como el agua, el viento, la luz solar y la biomasa. Este trabajo se enfoca en la biomasa debido a su capacidad para ofrecer una solución ecológica y sostenible para un problema común en la automatización de invernaderos: la alimentación eléctrica de los circuitos de control y monitoreo.

La biomasa, compuesta por residuos agrícolas, forestales y orgánicos, se transforma en electricidad mediante métodos como la combustión, la gasificación y la digestión anaeróbica. Este proceso no solo reduce la dependencia de fuentes no renovables, sino que también disminuye la emisión de carbono.

Implementar un sistema de generación eléctrica basado en biomasa en invernaderos tiene múltiples beneficios: reduce los costos energéticos al utilizar sus propios residuos agrícolas en lugar de combustibles fósiles, promueve la sostenibilidad al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y permite a los productores agrícolas alcanzar una mayor autosuficiencia energética al reducir la dependencia de la red eléctrica.

Para una implementación exitosa, es fundamental seleccionar la biomasa adecuada y adaptar el sistema de conversión a las necesidades específicas del invernadero.

El aprovechamiento de la biomasa para la producción de energía eléctrica en invernaderos integra la eficiencia energética con ventajas medioambientales, presentando una opción novedosa para la agricultura sostenible.

Palabras Clave: biomasa, energía eléctrica, invernadero, ecológico.

ABSTRACT

In Mexico, electricity generation mainly relies on non-renewable sources, such as hydrocarbons, which power thermoelectric and hydroelectric plants. However, there are renewable alternatives like water, wind, solar energy, and biomass. This paper focuses on biomass due to its potential to provide an ecological and sustainable solution to a common issue in greenhouse automation: the electrical power supply for control and monitoring circuits.

Biomass, composed of agricultural, forestry, and organic waste, is converted into electricity through methods such as combustion, gasification, and anaerobic digestion. This process not only reduces dependence on non-renewable sources but also decreases carbon emissions.

Implementing a biomass-based power generation system in greenhouses has multiple benefits: it reduces energy costs by utilizing its own agricultural waste instead of fossil fuels, promotes sustainability by reducing greenhouse gas emissions, and enables agricultural producers to achieve greater energy self-sufficiency by decreasing reliance on the power grid.

For successful implementation, it is crucial to select the appropriate biomass and adapt the conversion system to the specific needs of the greenhouse.

Utilizing biomass for electricity production in greenhouses integrates energy efficiency with environmental benefits, presenting an innovative option for sustainable agriculture.

Keywords: biomass, electricity, greenhouse, ecological

INTRODUCCIÓN

El concepto de electricidad se define como: “la acción que producen los electrones al trasladarse de un punto a otro ya sea por su falta o exceso de estos en un material” (Ternium, s.f., p. 6), otra de las definiciones establece que: “la electricidad es una forma de energía que se manifiesta con el movimiento de los electrones de la capa externa de los átomos que hay en la superficie de un material conductor” (Instituto Catalán de Energía [ICAEN], s.f.). En contraste, la biomasa se define como “el conjunto de materia orgánica de origen vegetal, animal o el resultado de la transformación natural o artificial de la misma y que se puede emplear como fuente directa o indirecta de energía” (Neches, 2011, p. 266). Según Velázquez, (2018) la biomasa es “la materia orgánica no fosilizada, ya sea originada en un proceso biológico espontáneo o provocado” (p. 1). La biomasa, a la cual se le puede extraer su energía por medio de procesos biológicos, termoquímico y mecánicos, bajo condiciones ambientales controladas convirtiéndola en energía calorífica, eléctrica y en biocombustibles como biodiesel o biogás. De acuerdo con Fernández (s.f.), esta se clasifica en tres tipos: natural (producida por la caída de árboles, ramas y hojas), residual (proveniente de los residuos agrícolas, ganaderos y silvicultura), y cultivos energéticos (como pueden ser sembradíos de algún vegetal, árboles frutales). En un contexto de la creciente preocupación por el cambio climático, la agricultura protegida surge como una alternativa eficiente, permitiendo el control de variables ambientales como temperatura, humedad y concentración de CO₂, a través de estructuras como invernaderos. La energía eléctrica es fundamental en estos entornos controlados, ya que permite mantener condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas mediante la automatización de sistemas como iluminación, calefacción, refrigeración, ventilación y riego.

La principal problemática encontrada es la necesidad de utilizar fuentes de energía sostenibles para la operación de invernaderos, además de garantizar una adecuada gestión de sus residuos agrícolas. Cabe destacar que la agricultura protegida es un sector creciente en México, por ejemplo, para el año 2022, en la región Noreste se cultivaron 3,998.07 hectáreas bajo agricultura protegida, lo que representa el 4.61% de la superficie total de agricultura protegida en el país. Esto refleja un aumento de 763.46 hectáreas respecto al año 2021 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera[SIAP], 2022).

A pesar de la importancia de la biomasa como fuente de energía, su desarrollo sigue siendo incipiente, representando solo el 0.63% de la generación total de bioenergía en 2022 (Secretaría de Energía [SENER], 2023). El objetivo de esta investigación es evaluar la viabilidad de aprovechar los residuos agrícolas generados en los invernaderos del estado de Durango como fuente de energía eléctrica mediante biomasa. Esto permitiría automatizar los propios invernaderos, reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y mejorar la sostenibilidad de la agricultura protegida en la región. La utilización de biomasa para la generación de energía eléctrica se presenta como una opción ecológica y sostenible, en respuesta a la creciente demanda de energías limpias. Según Velázquez (2018), la biomasa no solo proporciona una solución a la escasez de energía, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En el contexto agrícola, la automatización de invernaderos se ha convertido en una estrategia eficiente para optimizar el consumo de recursos y garantizar condiciones óptimas para el crecimiento de los cultivos (Tao Huang et al., 2020).

El contenido de este trabajo incluye una revisión de los conceptos clave de electricidad y biomasa, la problemática encontrada en invernaderos por su dependencia energética para la automatización, así como el procedimiento propuesto para la generación de electricidad a partir de biomasa como una opción ecológica y sostenible en la agricultura protegida.

CONTENIDO, MATERIAL Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque exploratorio y cualitativo, orientado a evaluar la viabilidad técnica y económica del uso de biomasa residual generada en los invernaderos del estado de Durango como fuente de energía para su automatización. El enfoque cualitativo resulta adecuado debido a la falta de estudios previos específicos en el contexto regional y a la naturaleza del análisis propuesto.

Hipótesis

“La biomasa agrícola generada en los invernaderos de Durango tiene el potencial de ser utilizada de manera eficiente como fuente de energía para la automatización de estos invernaderos, contribuyendo a reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y promoviendo la sostenibilidad económica y ecológica”.

Las etapas del estudio se describen en el siguiente diagrama:

Figura 1. Proceso descriptivo del análisis de la viabilidad en el uso de biomasa como fuente de energía para automatizar invernaderos.

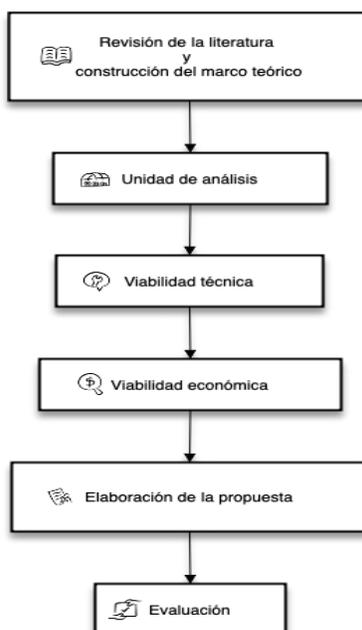


Figura 1: El diagrama describe las etapas del proceso a seguir para analizar la viabilidad del uso de biomasa como fuente de energía en la automatización de invernaderos. Cada fase del análisis se presenta de manera secuencial, abarcando aspectos técnicos, económicos y ambientales necesarios para evaluar su implementación efectiva.

Se realizó una revisión de literatura científica, informes técnicos, gubernamentales y datos estadísticos relacionados con la generación de biomasa residual de los invernaderos en el estado de Durango, así como estudios previos sobre su aprovechamiento para producción de bioenergía. Estableciendo el marco teórico, es posible identificar los trabajos que se han realizado en el tema y que puedan sustentar teóricamente la propuesta que se presenta en este trabajo de investigación. La unidad de análisis se enfocó en los residuos agrícolas y pecuarios disponibles en el estado de Durango. Entre los residuos agrícolas, se consideraron específicamente los generados por cultivos de agricultura protegida, como tomate, chile y pepino. En el ámbito pecuario, se evaluó el estiércol de bovino, seleccionados por su disponibilidad y proximidad a los invernaderos. Se realizó un análisis de las características técnicas y energéticas de estos residuos, destacando su importancia para el estudio.

“Según los resultados del Censo Agropecuario 2022, en Durango había 128 unidades de producción en agricultura protegida, abarcando una superficie de 389 hectáreas, y de ellas el 36.4% son estructuras tipo invernadero” (INEGI, 2023). El estudio no describe las unidades de invernadero automatizadas. En la viabilidad técnica, se evalúan los métodos de conversión de biomasa en energía, como el método de digestión anaeróbica para producir biogás. Se realizan estimaciones de la capacidad energética de los residuos seleccionados, así como los requerimientos energéticos promedio de un invernadero típico.

Mantener los cultivos en condiciones climáticas adecuadas implica que se tenga que hacer uso de diferentes fuentes de energía. Si estas fuentes son renovables, no solo se tiene un mejor aprovechamiento de los cultivos, sino que los costos de producción disminuyen y se contribuye a disminuir la emisión de contaminantes que generan gases de efecto invernadero, lo que hace esta propuesta ecológica y sostenible.

Preservar las condiciones climáticas en los invernaderos implica en temporada de invierno el uso de calderas, y en verano de ventiladores, entre otras acciones que hay que estar evaluando. Estos dos sistemas son de los elementos que requieren de más energía eléctrica para su funcionamiento. El automatizar invernaderos hará que estos sistemas se utilicen solo el tiempo necesario, lo que también nos lleva a valorar el cómo mantener los dispositivos de control y medición funcionando, ya que también requieren de energía eléctrica. Es por ello, que nos enfocamos en analizar la viabilidad de utilizar biomasa como fuente de energía eléctrica para mantener en funcionamiento estos dispositivos.

El análisis de costos y beneficios para determinar la factibilidad económica de implementar sistemas de energía basados en biomasa debe incluir la estimación de costos de recolección, transporte y procesamiento de biomasa. Asimismo, se analiza el ahorro potencial en costos energéticos en comparación con fuentes de energía tradicionales, considerando tanto aspectos financieros como la eficiencia del sistema.

Para llevar a cabo esta estimación, se están realizando estudios específicos en dos invernaderos seleccionados como muestra: uno dedicado a la producción de chile y el otro en producción de pepino. Estos estudios permiten obtener datos concretos sobre los costos operativos y las necesidades energéticas particulares de cada sistema de producción, lo que facilita una propuesta adaptada a las condiciones locales.

Figura 2. Imágenes de los cultivos en invernaderos para muestreo.



Figura 2: Cultivos de chile y pepino en invernaderos muestra. Después de la cosecha, las plántulas son cortadas y generan residuos que, en esta investigación, se analizan para determinar su potencial como biomasa. El objetivo es evaluar su viabilidad para la generación de energía eléctrica y su posible uso para abastecer los mismos invernaderos, promoviendo un sistema energético sostenible. En el caso del consumo total de energía en kilovatios-hora (kWh) de los sistemas que automatizan los invernaderos, es necesario conocer la potencia en vatios(W) de cada sistema.

Tabla 1. Límites de potencia de cada sistema en vatios(W)

| Sistema→ | Calefacción | Ventiladores | Sistema de control y medición |
|-----------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------|
| | W | W | W |
| Consumo→ | 1000-3000 | 100-500 | 20-100 |

Tabla 1: La tabla presenta los límites de potencia de diferentes sistemas utilizados en un invernadero, expresados en vatios (W). Para cada sistema, se especifica el rango de consumo de potencia.

Para obtener el consumo en vatios-hora (Wh) hay que aplicar la siguiente formula:

$$\text{Consumo (Wh)} = \text{Potencia(W)} * \text{Tiempo(h)}$$

Obtener los kilovatios-hora (kWh):

$$\text{Consumo(kWh)} = \text{Consumo (Wh)} / 1,000$$

Tabla 2. Ejemplo de consumo y el costo de energía

| Estado/ Municipio/ Tarifa | Calefacción | Ventiladores | Sistema de control y medición | Horas | Cargo variable de Electricidad (enero 2024) | Costo diario | Costo mensual |
|--|--------------------|---------------------|--------------------------------------|--------------|--|---------------------|----------------------|
| | W | W | W | h | \$/kWh | \$/kWh | \$/kWh |
| Durango/ Durango/ RABT | 2000 | 300 | 50 | 24 | 2.837 | 160.0068 | 4800.204 |

Tabla 2: El consumo y tarifa varían dependiendo del número y tipo de dispositivos utilizados, el tiempo de uso, y el costo que depende del estado, el mes y tipo de tarifa contratada en Comisión Federal de Electricidad (CFE).

El costo de la energía dependerá del tamaño de la unidad, del número de dispositivos y de la tarifa marcada por Comisión Federal de Electricidad (CFE). Durante la inspección de invernaderos en el

estado, se ha visto que existen unidades instaladas en zonas donde no llegan líneas de energía eléctrica, por lo que la automatización es nula. Por esta razón, se plantea analizar la generación de energía a través de alternativas como la biomasa, lo que podría permitir a los productores automatizar los invernaderos sin incurrir en costos adicionales significativos.

Esta propuesta parte de trabajos realizados en otros países y en México, como el descrito en el artículo “Experimental study on biomass heating system in the greenhouse: A case study in xiangtan, China” (Tao Huang et al., 2020), así como en “Wood Biomass as Sustainable Energy for Greenhouses Heating in Italy” (Bibbiani et al., 2017), y en “Estimación del requerimiento de energía para calefacción en invernaderos agrícolas, en cuatro ciudades del estado de chihuahua, durante el periodo invernal” (Catro-López et al., 2010).

Con la metodología descrita y el análisis exploratorio realizado, se establece la propuesta para el desarrollo de un prototipo de generación de energía eléctrica a partir de biomasa agrícola en el estado de Durango. Este análisis busca obtener información preliminar sobre la viabilidad de implementar sistemas basados en biomasa para satisfacer las necesidades energéticas en la sistematización de invernaderos.

En este contexto, ya se cuenta con dos invernaderos pilotos ubicados en el Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana y en la parcela 31 del ejido Parras de la Fuente, Durango, los cuales servirán como unidades de prueba. La biomasa agrícola considerada en esta investigación se refiere a los desechos o residuos generados directamente en los mismos invernaderos, como plantas de cultivo que, tras la cosecha, son desechadas. El objetivo es reutilizar estos residuos para la generación de energía eléctrica, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo los costos operativos al automatizar. La propuesta incluye las siguientes acciones:

- Caracterizar los residuos agrícolas disponibles en los invernaderos.
- Realizar pruebas experimentales en relación cantidad biomasa, energía generada y tiempo de suministro.
- Definir el tipo de conversión.
- Elaborar sistema prototipo.
- Determinar los sistemas de automatización a implementar.
- Realizar las pruebas de funcionamiento.

Estas acciones permitirán no solo tener la información necesaria, sino también validar la propuesta de utilizar biomasa como fuente de generación de energía eléctrica en los invernaderos para su sistematización.

Figura 3: Este diagrama proporciona una visión general de las acciones para validar la propuesta. Cada etapa puede requerir estudios más detallados según las características de los residuos y las necesidades del invernadero.

Figura 3. Diagrama de flujo para la validación y pruebas del prototipo piloto usando biomasa como fuente de energía para automatizar invernaderos.



Figura 4. Diagrama del prototipo propuesto para la generación de energía eléctrica por medio de biomasa.

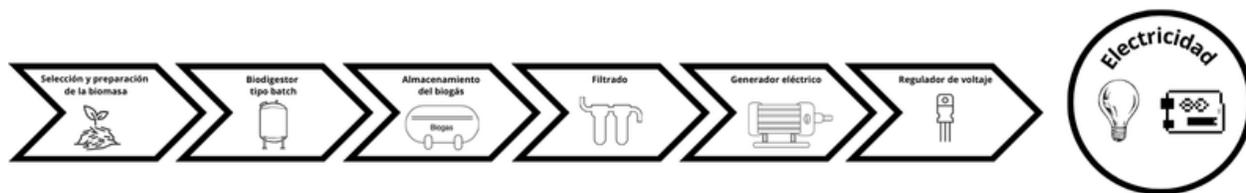


Figura 4: El diagrama muestra el proceso propuesto del prototipo para la generación de energía eléctrica mediante biomasa, utilizando el método de digestión anaeróbica para producir biogás, que será utilizado como combustible en un motor de combustión interna acoplado a un generador eléctrico.

La evaluación normativa realizada a la propuesta de este estudio corresponde a lo establecido por la Secretaría de Energía (SENER), que indica que México cuenta con la Ley General de Cambio Climático (LGCC) y la Ley de Transición Energética (LTE), entre las cuales se establecen las siguientes líneas de acción a cumplir en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND):

- 35% de generación de electricidad mediante fuentes limpias al 2024.
- La meta de generación de energías limpias del 39.9% en 2033.
- Reducción de manera no condicionada del 22% de las emisiones de gases de Efecto Invernadero (GEI).

RESULTADOS

Este estudio exploratorio ha sido diseñado para establecer una base preliminar sobre la viabilidad del uso de biomasa agrícola como fuente de energía para la automatización de invernaderos en Durango. El enfoque de la investigación se centra en el análisis de los residuos agrícolas generados en los invernaderos, como restos de cultivos de chile, pepino y tomate, así como estiércol de bovino. Para comprender la cantidad de biomasa disponible, se sugiere realizar un levantamiento de datos en los invernaderos, midiendo estos residuos en diversas temporadas de cultivo. Además, se recomienda realizar un análisis detallado del consumo energético de los sistemas de automatización de los invernaderos, que incluyen calefacción, ventilación, riego y monitoreo, mediante la instalación de medidores de energía. En cuanto a la conversión de biomasa a energía, el estudio propone explorar tecnologías como la digestión anaeróbica para producir biogás, analizando su eficiencia y costos operativos. Se estima que los residuos agrícolas podrían generar energía suficiente para cubrir una parte significativa de las necesidades energéticas de los invernaderos, aunque se debe validar esta estimación mediante pruebas experimentales. En términos económicos, se prevé realizar un análisis de costos y beneficios que considere los costos de recolección, transporte y procesamiento de biomasa, así como el ahorro potencial frente a las fuentes de energía convencionales. Para esto, se llevará a cabo una comparación entre los costos de la biomasa y los costos actuales de la energía eléctrica. Aunque este estudio aún no ha realizado pruebas empíricas, se propone validar esta hipótesis a través de pruebas experimentales en futuras fases del proyecto. Finalmente, se plantea la construcción de un prototipo de sistema de conversión de biomasa para evaluar la viabilidad de su implementación en condiciones reales. A pesar de que los resultados son preliminares, el estudio ha identificado que la biomasa tiene el potencial de convertirse en una opción viable para reducir costos y emisiones en la automatización de invernaderos, aunque aún se necesitan investigaciones adicionales para confirmar su viabilidad.

CONCLUSIONES

El estudio exploratorio ha identificado que el uso de biomasa para la automatización de invernaderos es una opción viable, pero aún se requieren investigaciones adicionales para confirmar su viabilidad. Acciones clave como: caracterizar los residuos agrícolas disponibles en el invernadero, medir el consumo energético de los sistemas automatizados y la realización un análisis económico detallado. Es importante destacar que el estado de Durango cuenta con la disponibilidad de la materia prima necesaria para llevar a cabo este proceso. Además, la implementación de esta estrategia es innovadora y podría tener un impacto positivo tanto ecológico como económico, alineándose con las políticas nacionales para mitigar el impacto del cambio climático y fomentar la sostenibilidad energética.

REFERENCIAS

- Bibbiani, C., Campiotti, C. A., Schettini, E., & Vox, G. (2017). A sustainable energy for greenhouses heating in Italy: wood biomass. *Acta horticulturae*, 1170, 523–530. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1170.65>
- Castro-López, P. E., Burciaga-Santos, J. A., R., I., & Alarcón-Herrera, y. M. T. (n.d.). Estimación del requerimiento de energía para calefacción en invernaderos agrícolas, en cuatro ciudades del estado de chihuahua, durante el periodo invernal. *Repositorio institucional.Mx*. Retrieved December 1, 2024, from <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1139/1/Publicacion%20SNES%202010%20Guanajuato%20STS-027%20Invernaderos%20.pdf>
- Fernández, J. (s.f.). Energía de la biomasa. https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/cuaderno_BIOMASA.pdf
- Huang, T., Li, H., Zhang, G., & Xu, F. (2020). Experimental study on biomass heating system in the greenhouse: A case study in xiangtan, China. *Sustainability*, 12(14), 5673. <https://doi.org/10.3390/su12145673>
- INEGI. (2023). Resultados definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de durango. Obtenido de Censo Agropecuario 2022: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rddGO.pdf
- Instituto Catalán de Energía [ICAEN]. (s.f.). ¿Qué es la electricidad? https://icaen.gencat.cat/es/energia/formes/electricitat/que_es/index.html
- Neches O. (2011). Agricultura: Energías Renovables. Análisis y diagnóstico. La biomasa, usos y aplicaciones, abril 11, 266-269.
- Rivera, G. I. (02 de 2022). Tecnológico Nacional de México. Obtenido de Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México: https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/4014/1/Tesis_UriasRivera.pdf
- Secretaria de energía [SENER] (2023). Anexo 3. Reporte de Avance de Energías Limpias (RAEL) <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2023/Anexo3.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera[SIAP]. (17 de 12 de 2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Ternium (s.f.). Electricidad Básica. https://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/electricidad_basica_ii.pdf
- Universidad del país vasco [UPV/EHU] (s.f.). Tema 1. Introducción a los semiconductores. https://ocw.ehu.eus/file.php/110/electro_gen/teoria/tema1.pdf
- Velázquez, M. B. (2018). Aprovechamiento de la biomasa para uso energético. <http://hdl.handle.net/10251/113122>

EDITA: RED IBEROAMERICANA DE ACADEMIAS DE INVESTIGACIÓN A.C
DUBLÍN 34, FRACCIONAMIENTO MONTE MAGNO
C.P. 91190. XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO.
CEL 2282386072
www.redibai.org
redibai@hotmail.com

Sello editorial: Red Iberoamericana de Academias de Investigación, A.C. (978-607-5893)
Primera Edición, Xalapa, Veracruz, México.
No. de ejemplares: 2
Presentación en medio electrónico digital
formato PDF 10 MB
Fecha de aparición 30/12/2024
ISBN 978-607-5893-35-8