



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



REVISTA DIGITAL

TEC TUXTLA

ENERO - JUNIO 2026

ISSN 2992 - 7889



tuxtla.tecnm.mx

2026

No. 7 EDICIÓN ESPECIAL

"Ciencia y Tecnología con Sentido Humano"



CINTILLO LEGAL TEC TUXTLA

número 7 -enero- junio 2026, es una publicación semestral editada por el Tecnológico Nacional de México, Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, teléfono 5536002511 Ext. 65092, correo d_vinculacion05@tecnm.mx, a través del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana km. 1080, C.P. 29050. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

Contacto: 01 961 615 0461, cyd_tgutierrez@tecnm.mx,
www.tuxtla.tecnm.mx.

Editor Responsable: Francisco Rangel Genovés Genovés. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-041116373200-102, ISSN: 2992-7889, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Comunicación y Difusión, Carretera Panamericana km. 1080 C.P 29050.

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
Fecha de la última modificación: 03 de julio de 2026.

Los integrantes designados asumen las funciones correspondientes a sus respectivos cargos para el desarrollo de las actividades de revisión y dictaminación de los trabajos académicos presentados en el Congreso, conforme a los lineamientos establecidos para el proceso de evaluación por pares.

FIRMAS PARTICIPANTES		
	NOMBRE	CARGO
1	Gabriela Alejandra Ríos Zúñiga	Jefe de Departamento
2	Yaneth Abril Espinosa Corzo	Presidente de academia ILOG
3	Gustavo Méndez Lambarén	Coordinador del Segundo Congreso Nacional de Ingeniería en Logística
4	Miguel Cid del Prado Martínez	Presidente Comité Editorial Externo
5	Sheyla Karina Flores Guirao	Secretaria Comité Editorial Externo
6	Miguel Ángel Lastra Pascacio	Comité Editorial Externo
7	Daniel Samayoa Penagos	Comité Editorial Externo
8	Jacinta Luna Villalobos	Comité Editorial Externo
9	José Luis Méndez Navarro	Comité Editorial Externo



CONSEJO EDITORIAL EXTERNO

Departamento de Ingenierías

Presidente del Comité Editorial Externo

Miguel Cid del Prado Martínez

Secretaria del Comité Editorial Externo

Sheyla Karina Flores Guirao

Comité Editorial Externo

Miguel Ángel Lastra Pascacio

Daniel Samayoa Penagos

Jacinta Luna Villalobos

José Luis Méndez Navarro



RESUMEN

La investigación en Ingeniería en Logística ha adquirido una relevancia creciente ante los desafíos que enfrentan las cadenas de suministro, la transformación digital, la sostenibilidad, la movilidad de mercancías y la competitividad de los sectores productivos y de servicios.

En este volumen especial se presentan los trabajos de investigación seleccionados en el marco del **Segundo Congreso Nacional Región Sureste de Ingeniería en Logística 2025**, celebrado del 21 al 23 de mayo de 2025, cuya sede fue el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Los trabajos aquí reunidos reflejan aportaciones científicas y tecnológicas orientadas a la optimización de procesos logísticos, la innovación, la gestión de operaciones y el desarrollo de soluciones que contribuyen al fortalecimiento de la disciplina y a la atención de problemáticas del entorno.

Asimismo, el congreso constituyó un espacio de intercambio académico y colaboración entre estudiantes, docentes, investigadores y asistentes externos, promoviendo la difusión del conocimiento y el fortalecimiento de redes de cooperación entre instituciones de educación superior.

En esta edición participaron los Institutos Tecnológicos Superiores de Progreso, Champotón y Comalcalco, así como el Instituto Tecnológico de Huimanguillo, fortaleciendo la integración regional de la comunidad académica de Ingeniería en Logística y reafirmando el compromiso del Tecnológico Nacional de México con el impulso a la investigación, la formación de capital humano y la generación de soluciones innovadoras para atender los retos actuales del sector logístico.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Artículo	Página
ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA ELABORACIÓN DE MUEBLES DE MADERA, EN LA COMUNIDAD DE XBACAB CHAMPOTÓN, CAMPECHE.....	6
ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACÉN EN PLANTA INCUBADORA DEL ESTADO DE CAMPECHE.....	14
OPTIMIZACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SALUD OCUPACIONAL MEDIANTE LA GESTIÓN INTEGRAL EN EL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL DE UNA EMPRESA AZUCARERA.....	21
ESTIMACIÓN NO INVASIVA DEL PESO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	31
APLICACIÓN DEL MÉTODO DE BARRIDO CON VARIABLES ALEATORIAS EN PROCESOS LOGÍSTICOS DE EMBARQUES Y ENTREGAS DE LA EMPRESA IMPULSORA SAHUAYO S.A. DE C.V.....	43
DEL MERCADO AL SUMINISTRO: ANÁLISIS DE LA ELECTROMOVILIDAD COMO OPORTUNIDAD LOGÍSTICA EN EL SUR DE MÉXICO.....	51
ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE UTILIZANDO EL MÉTODO HEURÍSTICO DEMAXMIN.....	56
COFERMIN: METODO HEURISTICO DE PROBLEMAS DE TRANSPORTE ENFOCADO EN LA COMPRA POR LOTES.....	69
PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA TRAZABILIDAD LOGÍSTICA: PROPUESTA DE INNOVACIÓN APLICADA AL TREN MAYA EN LA COMUNIDAD DE CARRILLO PUERTO, CHAMPOTÓN, CAMPECHE.....	76
SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA PARA LA SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE EMPAQUES EN LOGÍSTICA.....	80



ANÁLISIS DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA ELABORACIÓN DE MUEBLES DE MADERA, EN LA COMUNIDAD DE XBACAB, CHAMPOTÓN, CAMPECHE

Hernández-Crisostomo, Cintia del Carmen^{1*}; Villagrana-López, Raciél Iván²

^{1, 2} Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Champotón

Carretera Champotón – Isla Aguada Km. 2 Colonia El Arenal,

C.P. 24400, Champotón, Campeche

*cintia.hc@champoton.tecnm.mx

Área: Cadena de suministro

Resumen

Xbacab, es una comunidad 90% artesanal que elabora muebles de madera, estos enfrentan una serie de obstáculos que limitan su capacidad de crecimiento y competitividad. Es por esto, que este estudio, de tipo descriptivo, se centró en identificar la cadena de suministro para la producción de muebles de madera, así como los factores que influyen en la permanencia de esta industria, su organización interna y procesos de productividad. Para hacer el análisis se aplicó una encuesta dividida en Características Generales, intensidad y capacidad competitiva, economías externas, eficiencia colectiva, acciones conjuntas, aprendizaje colectivo, relaciones contractuales, colaboración y cooperación, participación en instituciones e Identidad sociocultural compartida, innovación y Resultados empresariales.

Palabras clave: *Cadena de suministro; madera; taller; carpinterías*

Abstract

Xbacab, a 90% artisanal community that produces wooden furniture, faces a series of obstacles that limit its growth and competitiveness. Therefore, this descriptive study focused on identifying the supply chain for the production of wooden furniture, as well as the factors that influence the survival of this industry, its internal organization, and productivity processes. To conduct the analysis, a survey was conducted, divided into General Characteristics, Competitive Intensity and Capacity, External Economies, Collective Efficiency, Joint Actions, Collective Learning, Contractual Relations, Collaboration and Cooperation, Participation in Institutions and Shared Sociocultural Identity, Innovation, and Business Results.

Keywords: *Supply Chain; Wood; Workshop; Carpentry*

1. INTRODUCCIÓN

La cadena de suministros tiene impactos económicos en todos los ámbitos de cualquier empresa, ya que la incapacidad para producir y entregar productos a tiempo podría llevar a la pérdida de clientes, desperdicios, falta de materia prima y, en última instancia, afectar el sustento de la comunidad (Santos, 2023). Es necesario identificar y abordar las vulnerabilidades en la cadena de suministros para preservar



la vitalidad de la industria del mueble de madera, sobre todo en las comunidades rurales, donde es el único sustento que tienen para sobrevivir las familias dedicadas a este giro.

Según Hernández et al (2018), las empresas rurales organizadas se originan en torno a la materia prima que haya en su entorno, a las necesidades de la comunidad, con base a grupos cooperativos que se organizan entre ellos para un bien específico, y que en México este tipo de economía solidaria ha estado surgiendo efecto, debido a su diversidad artesanal.

La gestión del almacenamiento, el transporte, la comercialización, difusión, entre otros factores, pueden incidir en este sector llegando a ser más costoso y complicado, lo que limita el alcance de estas pequeñas industrias familiares.

La producción de los muebles de madera en la localidad Xbacab, Champotón, Campeche, se ha vuelto cada vez más difícil debido a la disminución de los recursos forestales de la localidad y la falta de alternativas sostenibles de suministro.

La falta de infraestructura de transporte adecuado dificulta el traslado de los muebles, esto impacta los costos y los tiempos de la producción de entrega.

La producción de muebles de madera se debe adaptar a estándares de sostenibilidad, la gestión de los recursos naturales y la adopción de las prácticas más amigables de un medio ambiente (Romano, 2021). Es por ello, que es necesario analizar la cadena de suministro de esta industria del mueble de madera en la localidad antes mencionada, para establecer propuestas de mejora o estrategias para mejorar la economía de la comunidad.

Otra problemática radica en las personas que están al frente de las Micro y pequeñas empresas, podría decirse el tema de la organización interna. Aunque, aparentemente, existen programas que apoyan a los microempresarios, para enfrentar la situación actual de la desmedida competencia de los productos chinos, el gobierno ofrece apoyo tales como la actualización y mejoramiento de las estrategias de comercialización de sus productos, resultando un recurso poco aprovechado, puesto que tal parece, que el empresario no cree en sí mismo, podría decirse que tiene cierto temor a crecer, desarrollarse y ser competitivos (García, s.f.), creando así una problemática más para el área de la industria del mueble de madera en México y de muchas otras áreas que podrían impulsar la economía de los beneficiarios.

Debido a esto se tiene una percepción, que en México las micro y pequeñas empresas carecen de infraestructura, mayor sólides, canales de distribución y falta de tecnología impactando directamente en la eficiencia operativa de estas; además que la resistencia al cambio también es un factor que afecta a las empresas familiares mexicanas (Aburto, 2017)

La comunidad de Xbacab se caracteriza por ser un lugar donde se elaboran y venden muebles de madera realizados por las mismas familias de manera artesanal, en donde este trabajo se ha ido heredando de generación en generación, según investigaciones realizadas de manera directa se tienen alrededor de 45 carpinterías donde se benefician alrededor del 95% de la población de esa comunidad (1614 habitantes), y se cuenta con 25 tiendas en la carretera de la misma comunidad donde han ofertado sus productos. (Valencia, 2020).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue el de identificar la cadena de suministro para la producción de muebles de madera en la comunidad de Xbacab, Champotón, Campeche, así como los factores que influyen en la permanencia de esta industria, su organización interna y procesos de productividad.

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El diseño de la investigación es transversal bajo un enfoque descriptivo, exploratorio y cuantitativo, siendo transversal porque la recolección de datos es en un único momento, el presente proyecto presenta una investigación de tipo descriptiva, ya que se describirán cada una de las variables independientes y la variable de estudio para su análisis y medición en el sector de la Industria del Mueble de Madera en la Comunidad de Xbacab, Champotón, Campeche, a descripción se considera una forma de medición y será exploratorio debido a que es un estudio poco explorado del cual se tienen lagunas de conocimiento e

inexistencia de bibliografía, por lo que es necesario contar con las historias de vida y grupos focales para poder obtener información para su análisis (Hernández et al. 2014). Se toma como investigación de tipo cuantitativo porque se tomarán en cuenta una muestra de tamaño a un nivel de confianza, mediante un cuestionario estructurado para conocer las características y los perfiles de los encuestados para emitir los resultados estadísticos de una manera cuantitativa (Hernández et al. 2014).

2.2. Población y muestra de estudio

La población a estudiar son los talleres que elaboran muebles de madera de la comunidad de Xbacab, Champotón, Campeche, en este caso según una investigación en el lugar de estudio, se cuenta con 57 talleres de carpintería aproximadamente, los cuales fungirán como la población del estudio.

Los sujetos de estudio serán los dueños, encargados o representantes de cada taller que se vaya a muestrear, solamente se contabilizará a un sujeto por taller y tiene que conocer todas las características de la carpintería.

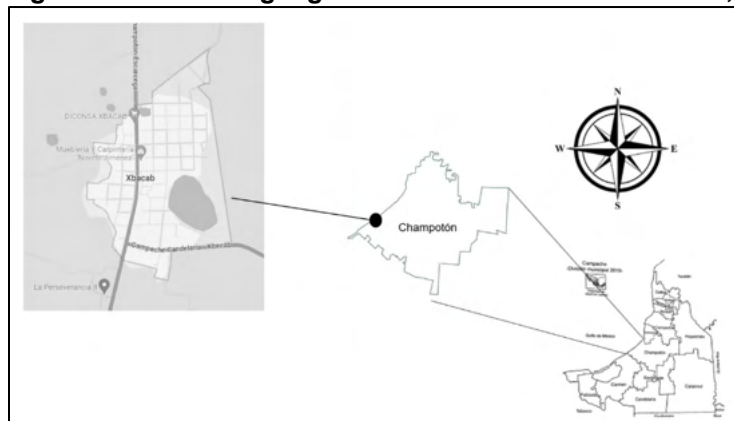
La muestra tendrá un total de 31 talleres a entrevistar, la cual se obtuvo con un nivel de confianza del 90%. El tipo de muestreo será no probabilístico por conveniencia, en el que los elementos seleccionados para la muestra se eligen porque son accesibles, fáciles de reclutar o están disponibles en ese momento tratando de tomar en cuenta a la cantidad establecida según el tamaño de muestra (Otzen y Manterola, 2017)

Los criterios de inclusión para la muestra son las personas encargadas o representantes del taller que conozcan acerca del tema que se le va a encuestar, así como las características demográficas, geográficas y temporales de los sujetos de la población a estudiar; en tanto que los criterios de exclusión son los sujetos que no realizan la actividad en estudio, menores de edad, personas que no posean alguna identificación oficial, así como las que pudieran interferir en la calidad de las respuestas del estudio.

2.3. Localización

La localidad de Xbacab, se encuentra ubicada en el Municipio Champotón del Estado de Campeche México, sobre la carretera Champotón- Escárcega, kilometro, se localiza y se encuentra en las coordenadas GPS, Longitud (dec): -90.721944, Latitud (dec): 18.941389, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de Xbacab, Champotón, Campeche.



Fuente: Elaboración propia

La población total de la comunidad se encuentra conformada, según el Censo del INEGI, 2020, por 1972 habitantes, los cuáles, 958 son hombres y 1014 son mujeres, asimismo, indica que se tienen 523 hogares habitados.

2.4. Instrumentos

Se aplicó una encuesta directamente a los encargados o dueños de los talleres de las carpinterías de la comunidad de Xbacab. La cual constó de 50 ítems con tres enfoques relacionados al tema.

Las preguntas del cuestionario que se utilizó fueron tomadas del artículo “Cadenas rurales de suministro para la producción de muebles de madera en Misantla, Veracruz” por García-Santamaría et al. (2023).

Es un cuestionario semiestructurado combinado de preguntas abiertas y cerradas, este constó de 50 ítems, en su mayoría de opción múltiple, las preguntas están formuladas de manera clara y concisa para evitar ambigüedades y facilitar la comprensión del mismo.

El cuestionario se dividió en 5 rubros las cuales fueron: Características Generales, capacidad competitiva, Economías externas, Eficiencia colectivas y acciones conjuntas, Innovación y Resultados empresariales

3. RESULTADOS

Los resultados de las características generales del sector mueblero de la comunidad de Xbacab, arrojó que el 100% de los involucrados, ya sea gerentes, encargados o empleados en su totalidad son personas del sexo masculino, en la comunidad a la mujer la tienen en el área de las ventas del producto exhibido en sus tiendas que se encuentran a orillas del poblado, cabe mencionar que no todos los carpinteros tienen tiendas artesanales; sus talleres se encuentran 100% equipados con las herramientas además cuando se les pregunto si la empresa es dueño único, es familiar u otro, a lo que se observó que 68% se encuentra constituido por un único dueño, y el 32% por un grupo familiar, donde el porcentaje de único dueño tiene como empleados a familiares, por lo que se puede deducir que aunque sea un solo dueño las empresas son 100% familiares.

En el rubro de innovación tecnológica se analizaron 9 preguntas en esta sección obteniendo los datos que se encuentran en la tabla 1 y 2, así como la figura 2. La existencia de innovación es baja en las carpinterías encuestadas, debido a que cuando se les pregunto “La existencia de mejora de la eficiencia del proceso productivo” el 42% dijo que baja y un 35% lo tiene de manera media, en tanto que observando en la pregunta sobre “la existencia de un proceso de mejora en la reorganización del proceso productivo” la mayoría se encuentra entre muy baja y media. Y así en la mayoría de las preguntas a excepción de la pregunta 4 acerca del valor añadido en sus productos, ahí hubo una diferencia ya que el 39% lo considera alto.

Tabla 1. Preguntas de la sección “Innovación”

Fuente: Elaboración propia

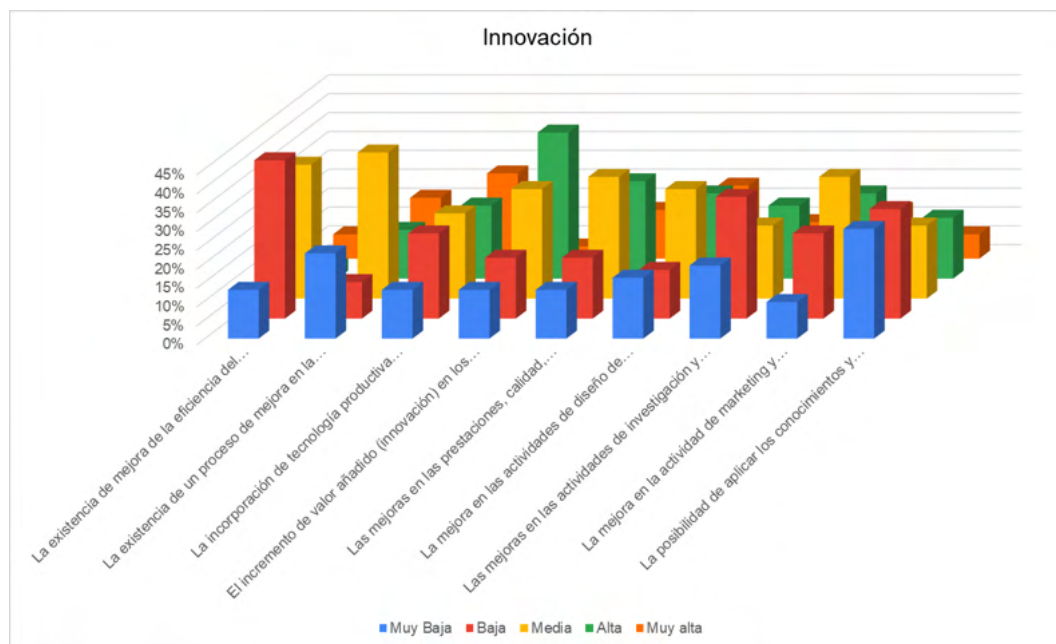
Pregunta no.	Preguntas
1	La existencia de mejora de la eficiencia del proceso productivo (transformación de entradas en salidas),
2	La existencia de un proceso de mejora en la reorganización del sistema productivo es:
3	La incorporación de tecnología productiva actualizada es:
4	El incremento de valor añadido (innovación) en los productos/servicios, es:
5	Las mejoras en las prestaciones, calidad, comodidad de uso, aplicaciones, etc., en los productos/servicios, son:
6	La mejora en las actividades de diseño de productos/servicios, es:
7	Las mejoras en las actividades de investigación y desarrollo es:
8	La mejora en la actividad de marketing y comercialización es:
9	La posibilidad de aplicar los conocimientos y competencias adquiridas en otros productos/servicios de la empresa (otros sectores), es:

Tabla 2. Resultados de la sección “Innovación”.

Fuente: Elaboración propia

	Innovación								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy Baja	13%	23%	13%	13%	13%	16%	19%	10%	29%
Baja	42%	10%	23%	16%	16%	13%	32%	23%	29%
Media	35%	39%	23%	29%	32%	29%	19%	32%	19%
Alta	3%	13%	19%	39%	26%	23%	19%	23%	16%
Muy alta	6%	16%	23%	3%	13%	19%	10%	13%	6%

Figura 2. Gráfico de la sección “Innovación”. Fuente: Elaboración propia



Desempeño y resultados empresariales

Este tema de la encuesta fue el de desempeño y resultados empresariales, los cuáles abordaron temas relevantes sobre aumento de participación en el mercado, rentabilidad, calidad, costos, devoluciones, los cuales se plasman en las tablas 3, 4 y figura 3

Tabla 3. Preguntas de la sección “Desempeño y resultados empresariales”

Fuente: Elaboración propia

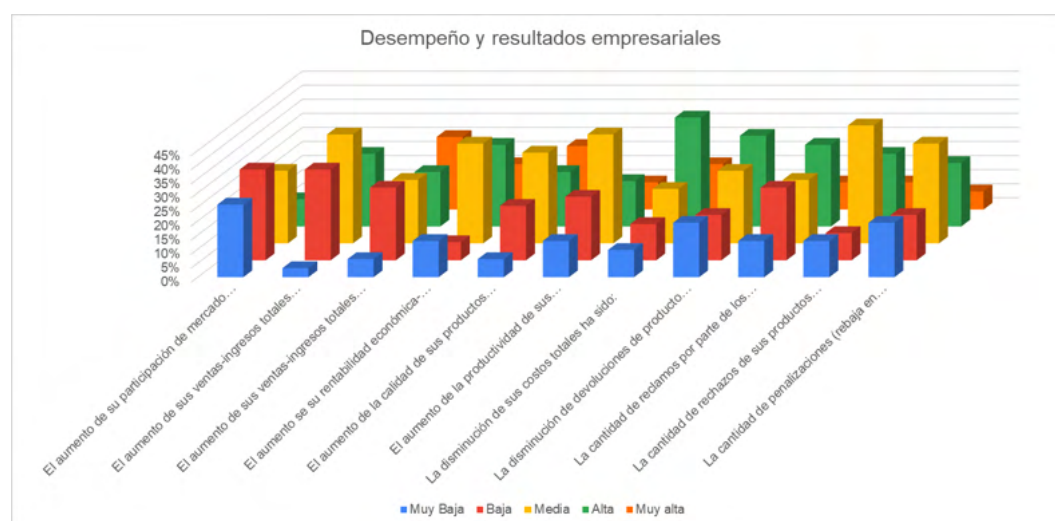
Pregunta no.	Preguntas
1	El aumento de su participación de mercado (más productos a sus clientes, nuevos clientes, nuevos mercados), es:
2	El aumento de sus ventas-ingresos totales (locales, estales, nacionales, internacionales), ha sido:
3	El aumento de sus ventas-ingresos totales (locales, estatales, nacionales, internacionales), ha sido:
4	El aumento de su rentabilidad económica-Utilidad neta, es:
5	El aumento de la calidad de sus productos ha sido:

6	El aumento de la productividad de sus empleados ha sido:
7	La disminución de sus costos totales ha sido:
8	La disminución de devoluciones de producto ha sido:
9	La cantidad de reclamos por parte de los clientes ha sido:
10	La cantidad de rechazos de sus productos por parte de los clientes ha sido:
11	La cantidad de penalizaciones (rebaja en precio) a sus productos por parte de los clientes, ha sido:

Tabla 4. Resultados de la sección “Desempeño y resultados empresariales”. Fuente: Elaboración propia

	Desempeño y Resultados empresariales										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Muy Baja	26%	3%	6%	13%	6%	13%	10%	19%	13%	13%	19%
Baja	32%	32%	26%	6%	19%	23%	13%	16%	26%	10%	16%
Media	26%	39%	23%	35%	32%	39%	19%	26%	23%	42%	35%
Alta	10%	26%	19%	29%	19%	16%	39%	32%	29%	26%	23%
Muy alta	6%	0%	26%	16%	23%	10%	16%	6%	10%	10%	6%

Figura 3. Gráfico de la sección “Desempeño y resultados empresariales”.



Analizando la intensidad y capacidad competitiva se tiene que los talleres tienen la capacidad de producir la cantidad necesaria de muebles que les sean requeridos, siempre y cuando los tiempos les alcancen, no se tiene a las demás carpinterías como enemigos comerciales, porque cada quien tiene sus propios clientes, además de que la mayoría cuenta con buena calidad y reputación de sus productos, asimismo, cuentan con los suficientes proveedores de insumos para abastecer a toda la cadena de suministros de la localidad, aunque por otro lado, no tienen acuerdos de colaboración entre carpinterías y tienen muy poca capacidad de negociación con sus cliente, lo que les afecta en sus ventas ya que por necesidad algunas veces tienen que vender sus productos al precio que el cliente le ofrezca.

En cuanto a los factores que han permitido que la industria del mueble de madera de la comunidad de Xbacab permanezca en el mercado se concluye que aunque tienen baja capacidad para adaptarse a las

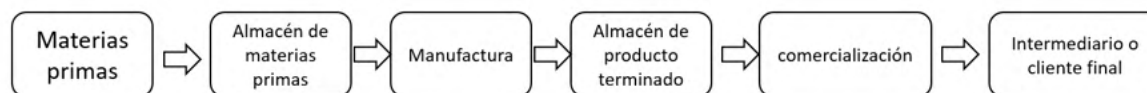
demanda cambiantes del mercado, si pueden crear muebles innovadores si le traen el diseño, tienen mano de obra especializada por la experiencia, pero tampoco existe inversión en el tema de capacitación; se cuenta con infraestructura y ubicación geográfica estratégica para el transporte de sus productos; se observó que la economía del lugar es dependiente de este sector por lo que es necesario impulsarlo para un mejor desarrollo.

En el tema sobre la colaboración entre los actores de la cadena de suministro, así como la cooperación y alianzas entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro, desde los proveedores de materias primas hasta los fabricantes y distribuidores de muebles, se obtuvo que falta cooperación entre las carpinterías, además de que no se tienen alianzas con diferentes sectores como empresariales, educativos, investigación, gubernamental, que podrían ayudarles a mejorar u optimizar la cadena de suministro en todos los sentidos.

Respecto al punto de innovación y los resultados empresariales, no se cuenta con la tecnología productiva incorporada, hay oportunidad para hacer una mejora en el proceso productivo lo que mejoraría la calidad de sus productos, asimismo, crear redes de investigación serían una buena opción para ellos y sobre todo los canales de difusión que hoy en día estar a la vanguardia en todos los niveles es crucial para cualquier empresa.

Se identificó la cadena de suministro de la elaboración de muebles de madera de la comunidad de Xbacab, como se muestra en la figura 4, nace desde la compra de la madera que es con vendedores de los árboles, para luego ser entregado al carpintero que elaborará el mueble, pasando primero por el área de almacén (a cielo abierto muchas veces), donde se depura o se realiza la revisión de la calidad de la madera, y si se encuentra bien se procede a dejarla lista para usar, y si no, se lleva a un horno donde se seca para su uso, posteriormente se almacena para tenerla disponible, luego cuando le llegan los pedidos de muebles, conforme le soliciten se van produciendo de manera artesanal con sus herramientas maquinadoras, hasta tener el producto terminado y llevado al almacén que muchas veces es solamente un espacio a cielo abierto, para que finalmente se entregue al cliente, que tiene dos opciones que se le transporte hasta el lugar final o que el mismo cliente pague un flete para recogerlos directamente en la carpintería, siendo este un intermediario o cliente final.

Figura 4. Cadena de suministro de la Industria del mueble de madera de Xbacab
Fuente: Elaboración propia



En el artículo redactado por Manrique, et al (2019), menciona que la cadena de suministro está compuesta por tres fases: fase de aprovisionamiento, procesamiento y de distribución, donde la fase de aprovisionamiento se refiere al abasto o abastecimiento de materias primas incluyendo el tema de proveedores; en la fase de procesamiento hace referencia a el proceso, en la transformación de la materia en el producto terminado; y por último la fase de distribución donde se tocan los puntos de comercialización, puntos de venta, expectativas de los clientes, etc. Que precisamente es la fase donde se tiene debilidades de esta cadena de suministro, que es la distribución hasta los clientes.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Se concluye que los talleres tienen la capacidad de producir la cantidad de muebles que se requieran y que cuentan con herramientas necesarias para producir la cantidad y calidad de los muebles requeridos, se observó que se tienen facilidades para abrir un taller, así como que no tienen problemas respecto a la captación de sus clientes, en cuanto a la competencia en carpinterías para la compra de maderas e insumos para sus talleres, no se tiene una gran rivalidad entre ellos, además que más del 80% de los



talleres cuentan con una buena reputación. Por otro lado, no existen acuerdos de colaboración entre carpinterías ni proveedores, ni intermediarios, no se tienen precios estandarizados, tienen baja capacidad de negociación y no tienen un acuerdo de pago de mano de obra entre los diferentes talleres.

Su cadena de suministro es la adecuada, solo que sus problemas se encuentran después del producto terminado, la problemática se encuentra más bien en los puntos de negociar, cooperativismo entre carpinterías, falta de capacitación, apoyos gubernamentales entre otros similares.

Se recomienda que se continúe con las propuestas de mejora, y acercamiento de las empresas con diferentes sectores incluyendo al gubernamental y educativo.

También, se propone que se realicen más estudios de investigación de este lugar para posteriormente crear proyectos de colaboración y sobre todo que sea de mejora para la comunidad y más por la cercanía de proyectos como el Tren Maya que podría impactar positivamente la economía del lugar.

5. REFERENCIAS

Aburto de la Llave, P. (2017). Efectos de la implementación de las estrategias orientación al mercado y orientación emprendedora en el comportamiento del consumidor: caso de la industria de muebles de madera en México. Tesis. En: <https://scripta.up.edu.mx/handle/20.500.12552/2313>

García Medellín, T. (s.f.). Estrategias de comercialización aplicadas al cluster del mueble y la madera en Tijuana, Tecate y Rosarito. Tesis Universidad Autónoma de Baja California.

García Santamaría, L.; Fernández-Lambert, G.; Mayett, Y.; Alarcón-Ruiz, T. y Parra Hernández, N. (2023). Cadenas rurales de suministro para la producción de muebles de madera en Misantla, Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 14.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. 6ta. Edición, Editorial Mc Graw Hill. Interamericana Editores.

Inegi (2020). Cuéntame. Economía. En: <https://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/forestal/default.asp>

Manrique, M.; Quispe, J.; Taco, A. & Flores, J. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. Revista Venezolana de Gerencia, vol. 24, núm. 88, pp. 1136-1146, Universidad del Zulia. En: <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/html/>

Otzen, T. y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio Int. J. Morphol. Pp. 227-232

Romano, E. (2021). Informe de Sustentabilidad de la empresa Z PALLETS (Bachelor's thesis)

Valencia, J. (2020). Artesanos de Xbacab piden un corredor turístico para exhibir sus productos. Periódico Por Esto, Campeche. En <https://www.poresto.net/campeche/2020/10/26/artesanos-de-xbacab-piden-un-corredor-turistico-para-exhibir-sus-productos-218995.html>



ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE ALMACÉN EN PLANTA INCUBADORA DEL ESTADO DE CAMPECHE

Villagrana-López, Raciél Ivan¹, Hernández-Crisóstomo, Cintia del Carmen², Moo-León, María José³, Uc-Sansores, Marcelo Abelardo⁴, Pacheco-García, Eloísa del Rosario⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Instituto Tecnológico superior de Champotón

Carretera Champotón - isla Aguada Km 2. Colonia el Arenal

Champotón, Campeche, México. Código postal 24400

* raciel.vl@champoton.tecnm.mx

Área: Cadena de suministro

Resumen

El presente artículo analiza la gestión de almacenes en una planta incubadora del estado de Campeche, con el propósito de optimizar los procesos de control y almacenamiento de materiales mediante la aplicación de herramientas logísticas y tecnológicas. La investigación se desarrolló con un enfoque descriptivo y propositivo, a través de un diagnóstico inicial, el diseño de estrategias de mejora y su implementación. Entre las acciones más relevantes se incluyeron la clasificación de inventarios mediante el método ABC, el uso de un Kardex digital en Excel, la aplicación de tarjetas Kanban, la capacitación del personal en técnicas de estiba y seguridad, así como la definición de indicadores clave de desempeño (KPI's). Los resultados evidenciaron mejoras significativas en la exactitud del inventario, la reducción de tiempos de búsqueda de insumos, la optimización del espacio de almacenamiento y el fortalecimiento de las condiciones de seguridad laboral. Asimismo, la integración de KPI's permitió evaluar el impacto de las estrategias aplicadas, confirmando que la gestión de almacenes, concebida como un proceso estratégico, contribuye directamente a la eficiencia, productividad y sostenibilidad organizacional.

Palabras clave: Gestión de almacenes; Inventario ABC; Indicadores de desempeño (KPI's); Kanban; Mejora continua.

Abstract

This article analyzes warehouse management in a hatchery plant in the state of Campeche, aiming to optimize material control and storage processes through the application of logistics and technological tools. The research followed a descriptive and propositional approach, consisting of an initial diagnosis, the design of improvement strategies, and their implementation. Key actions included inventory classification using the ABC method, the adoption of a digital Kardex in Excel, the application of Kanban cards, staff training in stacking and safety techniques, and the establishment of key performance indicators (KPIs). The results showed significant improvements in inventory accuracy, reduction of material search times, optimization of storage space, and strengthening of workplace safety conditions. Additionally, the integration of KPIs allowed for the assessment of the strategies' impact, confirming that warehouse management, conceived as a strategic process, directly contributes to organizational efficiency, productivity, and sustainability.

Key Words: Warehouse management; ABC inventory; KPIs; Kanban; Continuous improvement.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de almacenes es considerada como un eje fundamental dentro de la logística, ya que influye directamente en la continuidad de los procesos productivos, la reducción de costos y la capacidad de respuesta ante la demanda se convierten en factores de alta impacto. En sectores como el agroindustrial, donde la correcta coordinación de los insumos, procesos y distribución es determinante, el control adecuado de inventarios se vuelve en una condición indispensable para garantizar la competitividad y sostenibilidad en las organizaciones.



Actualmente muchas empresas enfrentan dificultades derivadas de un mal manejo de sus almacenes, manifestando problemas como la falta de registros precisos, desorganización en el almacenamiento, sobre acumulación de materiales y riesgos de manipulación. Estas deficiencias no solo generan mermas y retrasos en la producción, sino que también afectan la seguridad personal y limitan la capacidad de cumplir de manera oportuna las demandas del mercado.

El caso de estudio se desarrolla en una planta incubadora (avícola) del estado de Campeche, donde la ausencia de metodologías estandarizadas para el control de inventario, así como la carencia de señalización y herramientas informáticas para el registro, ocasionó ineficiencias recurrentes que comprometían productividad y seguridad laboral. Ante esta situación, la implementación de estrategias basadas en indicadores (KPI's), el método ABC, el uso de Tecnologías de la información para el registro digital y las herramientas de control visual como Kanban, se presentan como alternativas viables para optimizar la gestión de almacén.

El presente trabajo, analiza la aplicación de dichas metodologías en la mejora de los procesos de almacenamiento en la planta incubadora, con el propósito de evidenciar como la integración de metodologías logísticas, tecnologías y a capacitación adecuada contribuye al fortalecimiento de la eficiencia operativa, la reducción de costos y la consolidación de un modelo de gestión sostenible alineado con la mejor continua de la empresa.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque aplicado con carácter descriptivo y propositivo, ya que tuvo como objetivo analizar el estado actual de la gestión de almacén de una planta incubadora del estado de campeche, así como establecer propuestas de mejora mediante la implementación de herramientas logísticas y de control. Se utilizó un diseño experimental y transversal, dado que los datos se recolectaron en un momento específico sin manipulación de variables (Hernández y Mendoza, 2017).

El estudio se llevó a cabo en una planta incubadora del estado de campeche, específicamente en el área de cartón, insumos, mantenimiento y laboratorio, donde se detectaron problemáticas relacionadas con el desorden en el almacenamiento, carencia de registros confiables y la ausencia de normas de seguridad.

2.1 Procedimiento.

El estudio se estructuró en 3 fases:

1) Diagnóstico inicial

- Se realizó un diagnóstico inicial mediante la observación directa de las condiciones del almacenamiento, identificando fallas en la organización, control de inventarios y señaléticas.
- Se recopiló datos sobre los tiempos de búsqueda de materiales, incidencias de pérdidas y disponibilidad de insumos.

2) Diseño de propuesta de mejora

- Se aplicó el método ABC, para clasificar los materiales según su importancia y valor económico.
- Se diseñó un sistema digital de control de inventario mediante un Kardex en MS Excel, con el fin de llevar un registro confiable de entradas y salidas, también se sugirieron herramientas más especializadas para una segunda etapa.
- Se implementaron herramientas de control visual, como la tarjeta Kanban, para regular el flujo de materiales.
- Se elaboraron diagramas de flujo y simulaciones para representar gráficamente los procesos de almacén y validar la factibilidad de las mejoras.

3) Implementación y evaluación

- Se capacito al personal en técnicas de estiba, señalización y normas de seguridad
- Se establecieron indicadores clave de desempeño (KPI's), relacionados con la exactitud de inventario, rotación de insumos y eficiencia en e uso de los espacios.
- Se evaluaron los resultados mediante la comparación de las condiciones iniciales y las obtenidas tras la implementación de las propuestas.

2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de Datos se emplearon las siguientes técnicas y herramientas:

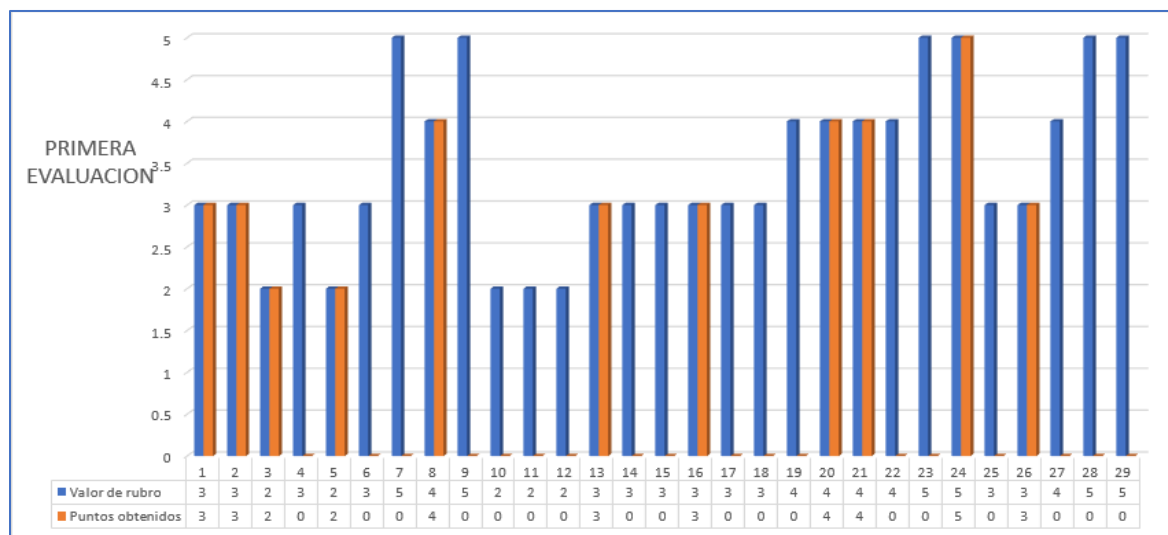
- Listas de Verificación, para evaluar las condiciones de orden y seguridad en los almacenes
- Registros documentales de entradas y salidas de materiales
- Observación directa del fujo de procesos y del desempeño personal
- Indicadores de Gestión (KPI's) para medir la eficiencia antes y después de la intervención

2.3 Análisis de datos

Los datos obtenidos se organizaron en tablas de frecuencia y fueron representados en gráficos que permitieron identificar tendencias y validar los efectos de la implementación. El análisis se enfocó en la comparación del desempeño logístico antes y después de la intervención, considerando variables como reducción de tiempos, disminución de pérdidas y aumento en la productividad.

Figura 1.

Grafica de resultado de primera evaluación de los KPI's



Nota: resultados de la primera aplicación del instrumentó de evaluación sobre los indicadores de desempeño, se observan en naranja las bajas puntuaciones. Fuente propia.

Figura 2.
Análisis y optimización del proceso productivo

No.	Descripción Actividades	Operación	Transporte	Control	Espera	Inmovilización	Tiempo (min)
1	Se realiza el pedido de los cartones a la sucursal de Mérida.	→	→	→	→	→	1440
2	Se establece la fecha de llegada de la mercancía a la incubadora.	→	→	→	→	→	5
3	Se libera espacio en la bodega de cartón para la llegada del nuevo material.	→	→	→	→	→	4
4	El tráiler ingresa a la incubadora. Se desinfecta el vehículo antes de la entrada para cumplir con los protocolos de bioseguridad.	→	→	→	→	→	1
5	El tráiler se estaciona en la plataforma de descarga, que es una plataforma alta y amplia.	→	→	→	→	→	3
6	El estante de pollito, una zona de recepción de cartones, se mantiene cerrado para facilitar el manejo de las cajas por el personal al descargar con el patín.	→	→	→	→	→	3
7	Una vez descargado el contenedor, se realiza una inspección de calidad y se verifica que todas las piezas pedidas estén completas según la factura.	→	→	→	→	→	1
8	El personal cuenta y desarma los paquetes de los cartones para facilitar su manejo y almacenamiento.	→	→	→	→	→	1
9	El cartón se transporta del estante de despacho de pollito a la bodega de cartón, ubicada en la parte trasera de la incubadora.	→	→	→	→	→	6
10	Se estiban los cartones y se les aplican las amarras correspondientes para un almacenamiento adecuado.	→	→	→	→	→	4
11	La bodega de cartón queda en óptimas condiciones con el nuevo abastecimiento.	→	→	→	→	→	3
12	El cartón se transporta del almacén al estante de despacho de pollito.	→	→	→	→	→	4
13	Una vez en el estante, se procede a armar los cartones y a etiquetarlos según su género (macho y hembra).	→	→	→	→	→	24
14	Los cartones terminados se transportan hacia el área de almacén dentro de la planta, a la espera de su salida.	→	→	→	→	→	24
15	Se deja libre el estante de pollito para el despacho del día siguiente.	→	→	→	→	→	2
16	Después de la vacunación, los pollitos se colocan en los cartones, separándolos por género (macho y hembra).	→	→	→	→	→	8
17	Se les coloca un aditivo de seguridad para la bioseguridad de los pollitos.	→	→	→	→	→	8
18	Se colocan las tapas en los cartones de los pollitos.	→	→	→	→	→	8
19	Los cartones se trasladan al estante de despacho de pollito para su salida.	→	→	→	→	→	8
20	El pollito se mantiene en el estante de despacho, ya encartonado y con ventilación.	→	→	→	→	→	2
21	Se carga el tráiler de la empresa para la venta de los pollitos a los compradores.	→	→	→	→	→	4
22	El tráiler se retira de la incubadora y se dirige a su destino (Veracruz, San Luis Potosí, Puebla, o Escárcega) para la entrega del pollito.	→	→	→	→	→	30
		11	5	2	2	2	1530

Nota: Se propusieron mejoras en el proceso productivo mediante en análisis gráfico. Fuente propia.

3. RESULTADOS

3.1 Resultados obtenidos

Tras la implementación de las estrategias propuestas, se observaron mejoras significativas en la gestión del almacén de la planta incubadora del estado de Campeche. Los resultados más relevantes fueron los siguientes:

1) Control de inventarios

- Se logró un registro confiable de entradas y salidas mediante el Kardex digital, lo que redujo la incertidumbre sobre las existencias y permitió una trazabilidad más precisa de los insumos.
- La clasificación ABC facilitó la priorización de materiales críticos, garantizando su disponibilidad y evitando interrupciones en la producción.

2) Optimización del espacio de almacenamiento

- La capacitación en técnicas de estiba y amarres permitió aprovechar mejor la capacidad instalada del almacén, reduciendo tiempos de búsqueda y riesgos de deterioro en los materiales.
- El uso de señalética y diagramas de flujo mejoró la localización de productos, disminuyendo tiempos de desplazamiento dentro del almacén.

3) Seguridad y condiciones laborales

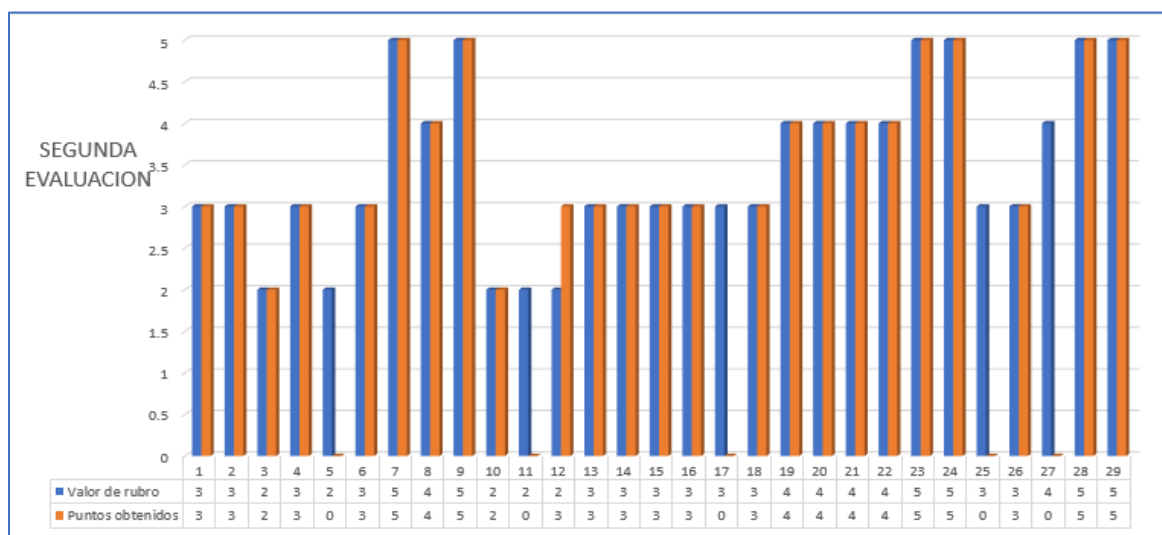
- La implementación de señalética y normas de seguridad contribuyó a reducir riesgos de accidentes laborales.
- El personal adquirió mayor conciencia sobre prácticas seguras y eficientes en la manipulación de insumos.

4) Indicadores clave de desempeño (KPI's)

- Se registró un incremento en la exactitud del inventario, pasando de registros manuales inconsistentes a una confiabilidad superior al 90 %, con las tecnologías de la información.
- El tiempo promedio de búsqueda de materiales se redujo significativamente.
- La rotación de inventarios mostró mejoras, disminuyendo el sobre almacenamiento y el riesgo de obsolescencia.

Figura 3.

Grafica de resultado de segunda evaluación de los KPI's



Nota: Resultados del instrumentó aplicado, se observa mejoría, aunque quedan áreas de oportunidad, para ello se establecieron sugieren de mejora continua. Fuente propia.

Figura 4.

Tabla de resultado del diagrama optimizado de producción.

		Actual	
RESUMEN		\$	Tpo(hor
○	Operaciones	11	70
⇒	Transporte	5	70.3
□	Controles/Inspección	2	2
D	Esperas/Demora	2	7
V	Almacenamiento	2	1441
TOTAL		total de horas	1590.3

Nota: Como resultado de la optimización en los procesos, se redujo el tiempo a 1590 horas, un mejor balance de operaciones y continuidad de proceso.

3.2 Discusión

Los resultados evidencian que la aplicación de metodologías logísticas y tecnológicas constituye una estrategia efectiva para fortalecer la gestión de almacenes. El uso del método ABC permitió centrar la atención en los artículos más relevantes, lo cual coincide con lo señalado por Nahmias y Olsen (2015), quienes destacan que esta clasificación optimiza la disponibilidad de materiales críticos.



La incorporación de KPI's se consolidó como un mecanismo fundamental para evaluar y monitorear el desempeño del almacén, en línea con lo planteado por Gunasekaran, Patel y Tirtiroglu (2004), quienes sostienen que los indicadores de gestión permiten establecer mejoras sostenibles en la cadena de suministro.

Asimismo, la integración de herramientas como Kanban y Kardex digital demostró ser un factor clave para mejorar la trazabilidad y reducir la sobreproducción, lo cual guarda coherencia con los postulados de Ohno (1988), quien señaló que los sistemas visuales son esenciales para la eficiencia en entornos de producción.

En términos de seguridad, la capacitación del personal y la implementación de normas redujeron los riesgos laborales, lo cual coincide con Coyle, et al. (2016), quienes resaltan que la formación continua es determinante para la eficiencia y seguridad en la gestión de almacenes.

Por otra parte, la filosofía de la mejora continua (Kaizen) se refleja en la necesidad de evaluar periódicamente los procesos y generar innovaciones que fortalezcan la competitividad organizacional. Este enfoque se alinea con lo señalado por Imai (1986), quien plantea que la mejora gradual y constante es la clave para alcanzar sostenibilidad en las operaciones.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

4.1 Conclusiones

El presente estudio permitió demostrar que la aplicación de herramientas logísticas, tecnológicas y de capacitación puede transformar de manera significativa la gestión de almacenes en contextos productivos. Entre los principales hallazgos destacan:

- 1) La implementación del Kardex digital y la clasificación de inventarios mediante el método ABC fortalecieron el control de insumos, reduciendo la incertidumbre en los registros y priorizando los materiales críticos para la operación.
- 2) La capacitación del personal en técnicas de estiba, seguridad y señalización mejoró la eficiencia en el uso del espacio y redujo riesgos de accidentes laborales.
- 3) La aplicación de KPI's permitió medir objetivamente el desempeño, evidenciando mejoras en la exactitud de inventarios, la reducción de tiempos de búsqueda y la optimización en la rotación de materiales.
- 4) El uso de herramientas visuales como Kanban favoreció la estandarización de procesos y la reposición oportuna de insumos.

Estos resultados muestran que la gestión de almacenes no debe concebirse únicamente como una función operativa, sino como un proceso estratégico que contribuye directamente a la eficiencia, seguridad y sostenibilidad de las organizaciones.

4.2 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se sugieren las siguientes acciones para fortalecer la gestión de almacenes en la planta incubadora y en organizaciones con problemáticas similares:

- 1) Consolidar el uso de sistemas digitales, de control de inventarios, evolucionando del Kardex en Excel hacia plataformas integrales de gestión (ERP o WMS) que automaticen registros y generen reportes en tiempo real.
- 2) Establecer un programa permanente de capacitación, en técnicas logísticas, seguridad laboral y uso de herramientas tecnológicas, con el fin de mantener actualizado al personal y garantizar la sostenibilidad de las mejoras.



- 3) Monitorear de forma continua los KPI's, integrándolos a los procesos de toma de decisiones estratégicas y vinculándolos con objetivos de productividad, reducción de costos y satisfacción del cliente.
- 4) Reforzar la cultura de mejora continua, implementando auditorías internas periódicas y fomentando la participación activa del personal en la identificación de oportunidades de mejora.
- 5) Escalar la experiencia de la planta incubadora, a otras áreas de la organización, replicando las buenas prácticas en la cadena de suministro para consolidar un modelo logístico integral.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior de Champotón, brindar las facilidades necesarias para el desarrollo de esta investigación, mejorando la formación profesional y personal de cada uno de los involucrados.

En especial, agradecemos al director Dr. Carlos Manuel López Blanco, por su liderazgo, compromiso y visión en la consolidación de una institución que fomenta la excelencia académica, la innovación y el crecimiento integral de sus estudiantes y cuerpo académico. Su apoyo ha sido fundamental para la culminación de este trabajo.

De igual manera agradecemos a la Jefatura de División de ingeniería en Logística, la M.C. Eloísa del Rosario Pacheco García, por permitirnos ser proactivos en el área de investigación, generando conocimiento y experiencia que fortalezca a nuestros estudiantes.

Finalmente, a la empresa Incubadora Gapesa Campeche, por las facilidades brindadas, así como el compromiso con nuestra institución, estudiantes y académicos.

6. REFERENCIAS

- Coyle, J. J., Langley, C. J., Novack, R. A., & Gibson, B. J. (2016). Supply Chain Management: A Logistics Perspective (10th ed.). Cengage Learning.
- Gunasekaran, A., Patel, C., & Tirtiroglu, E. (2004). Performance measures and metrics in a supply chain environment. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(1), 333–351. <https://doi.org/10.1108/01443570410516576>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Imai, M. (1986). Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success. McGraw-Hill.
- Nahmias, S., & Olsen, T. L. (2015). Production and Operations Analysis (7th ed.). Waveland Press.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Productivity Press.



OPTIMIZACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE SALUD OCUPACIONAL MEDIANTE LA GESTIÓN INTEGRAL EN EL DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL DE UNA EMPRESA AZUCARERA

Canto-Pacheco, Carlos Yonathan¹; Hernández-Crisostomo, Cintia del Carmen²

^{1, 2} Tecnológico Nacional del México/Instituto Tecnológico Superior de Champotón
Carretera Champotón – Isla Aguada Km. 2 Colonia El Arenal,
C.P. 24400, Champotón, Campeche
*cintia.hc@champtoton.tecnm.mx
Área: Cadena de suministro

Resumen

El proyecto "Optimización de los programas de salud ocupacional mediante la gestión integral en el departamento de seguridad industrial y salud ocupacional de una empresa azucarera" busca mejorar las condiciones laborales y la eficiencia operativa del área de salud ocupacional mediante actividades específicas que abordan problemas clave como la prevención de riesgos, la optimización del espacio, la gestión de inventarios, la digitalización de registros y el manejo adecuado de residuos peligrosos. Entre las actividades principales se encuentra la creación de un cronograma de charlas breves de concientización para sensibilizar a los trabajadores sobre riesgos laborales, fomentando una cultura preventiva que disminuya incidentes y mejore las prácticas laborales. Asimismo, se implementó la metodología 5S para reorganizar el espacio físico del departamento, facilitando el acceso a materiales y equipos esenciales y mejorando la operatividad diaria. Además, uno de los desafíos más significativos es el manejo manual de los registros de los trabajadores, que genera acumulación de documentos físicos, dificulta el acceso a la información y consume tiempo en tareas administrativas. Para resolverlo, se propuso, la automatización de este proceso mediante herramientas digitales como Excel, lo que permitirá reducir el uso de papel, liberar espacio, optimizar tiempos de respuesta y minimizar errores en el manejo de datos.

Palabras clave: 5S, diagrama de Ishikawa, optimización, programa de salud

Abstract

The project "Optimizing Occupational Health Programs Through Comprehensive Management in the Industrial Safety and Occupational Health Department of a Sugar Company" seeks to improve working conditions and operational efficiency in the occupational health area through specific activities that address key issues such as risk prevention, space optimization, inventory management, record digitization, and proper management of hazardous waste. Among the main activities is the creation of a schedule of short awareness talks to raise worker awareness about occupational risks, fostering a culture of prevention that reduces incidents and improves work practices. The 5S methodology was also implemented to reorganize the department's physical space, facilitating access to essential materials and equipment and improving daily operations. Furthermore, one of the most significant challenges is the manual management of employee records, which generates a backlog of physical documents, hinders access to information, and consumes time on administrative tasks. To address this, automation of this process using digital tools such as Excel was proposed. This will reduce paper usage, free up space, optimize response times, and minimize errors in data management.

Key Words: 5S, Ishikawa diagram, optimization, health program



1. INTRODUCCIÓN

Según López & González (2020) la salud ocupacional es un aspecto fundamental dentro del desarrollo y la sostenibilidad de cualquier empresa, ya que está directamente relacionada con el bienestar de los empleados y la optimización de los procesos laborales. Es una iniciativa necesaria para enfrentar y mitigar problemas clave que afectan tanto a la seguridad de los empleados como a la eficiencia operativa de la empresa.

La salud ocupacional es un componente fundamental en cualquier organización que valore la sostenibilidad y la responsabilidad social. Mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable no solo ayuda a reducir el índice de enfermedades y accidentes laborales, sino que también contribuye a aumentar la motivación y satisfacción del personal, lo cual repercute directamente en su desempeño y productividad (Martínez, 2020).

La falta de organización y el uso subóptimo del espacio dificultan la accesibilidad de los recursos, ralentizan las tareas y generan un entorno de trabajo incómodo y potencialmente inseguro. La metodología de las 5S se justifica como una solución eficiente para mejorar este espacio, al permitir una organización sistemática que optimice el uso de cada área y asegure que todos los materiales y equipos necesarios estén dispuestos de forma ordenada y accesible (Herrera et al, 2019) Al implementar esta metodología, la empresa no solo mejora las condiciones laborales y reduce riesgos de accidentes, sino que también establece un precedente de disciplina organizativa que puede replicarse en otras áreas.

Además, la digitalización de los registros de trabajadores que acuden al área de salud ocupacional responde a una necesidad urgente de reducir la carga administrativa y optimizar el tiempo de respuesta en la atención. El registro manual de los trabajadores genera un volumen excesivo de documentos físicos, que ocupan espacio y dificultan la rápida consulta de información, afectando la eficiencia en el servicio. Al automatizar estos registros mediante el uso de Excel, se mejora significativamente la capacidad de almacenamiento, acceso y consulta de la información, liberando espacio físico y ahorrando tiempo valioso en los procesos administrativos. Este paso hacia la digitalización también contribuye a reducir los costos y el impacto ambiental derivados del uso de papel, alineándose con prácticas sostenibles (Quiñonez , 2025)

5's es el fundamento para la implementación de la filosofía Lean. Se inició en Toyota con el fin de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral (Rodarte y Blanco, 2020). Sus objetivos principales son: Incrementar la productividad, mejorar la calidad de las actividades realizadas; sus principales beneficios son Cero retrasos, cero insatisfacciones de clientes, cero pérdidas representadas en dinero (Piñero et al, 2018).

Esta técnica cuenta con 5 pasos sencillos expresados en cinco palabras de origen japonés que inician con la letra "S": Seiri, Seiton, Seiso, seiketsu y shitsuke. Esta metodología está ampliamente extendida por su sencillez, pero los resultados son altamente efectivos en términos de mejora de la calidad (de productos y servicios ofrecidos; pero también de las condiciones de trabajo), eliminación de tiempos muertos y reducción de costes (Moran & Chávez, 2022).

Además, al buscar un compromiso por parte de todas las personas que integran la organización, es un sistema duradero que permite a las empresas mejorar de forma continua en su modelo de organización, limpieza, seguridad, higiene, productividad y trabajo en equipo (Moran & Chávez, 2022).

Por otro lado, el tema de la digitalización y la toma de presión en entornos de alto riesgo es esencial debido a los efectos que pueden tener la altura y la falta de oxígeno en la presión arterial del trabajador. En estos contextos, la automatización de este registro implica la implementación de dispositivos de monitoreo que capturen y envíen los datos de presión arterial a una base central, alertando en caso de detectar



variaciones peligrosas. Esto resulta especialmente importante considerando que la exposición a la altura y la hipoxia puede provocar incrementos significativos en la presión arterial y otros cambios fisiológicos (Rodríguez & Hernández, 2020).

El registro automatizado de consultas médicas permite a los profesionales de la salud almacenar y organizar la información de cada consulta de manera estructurada, incluyendo el motivo de la consulta, diagnóstico, tratamiento y recomendaciones (Cabellos-Ballesteros, 2016). Estos sistemas pueden ofrecer recordatorios para consultas de seguimiento, facilitando un control riguroso sobre la salud de los trabajadores (Cabellos-Ballesteros, 2016).

La implementación de sistemas automatizados en la gestión de salud ocupacional ofrece beneficios significativos tanto para los trabajadores como para la empresa. Entre estos beneficios se encuentran una mayor seguridad para el trabajador, optimización de recursos médicos y reducción de costos a largo plazo; asimismo, la automatización ayuda a cumplir con normativas de salud ocupacional, asegurando registros completos y precisos (Guachimin, 2025).

Es por esto que, el objetivo de este trabajo de investigación es optimizar los programas de salud ocupacional de la empresa azucarera y buscar mejorar de manera integral la gestión de los recursos y procesos en el departamento de salud ocupacional, mediante la implementación de la metodología de las 5S, y la digitalización de registros, se espera no solo aumentar la eficiencia operativa y la seguridad en el lugar de trabajo, sino también fomentar una cultura de prevención y bienestar que beneficie a los empleados y a la empresa en su conjunto.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, con predominancia cualitativa en el análisis de procesos y cuantitativa en la evaluación de los resultados de mejora. La investigación se clasifica como aplicada y descriptiva, ya que busca generar un impacto práctico en la eficiencia organizacional de la empresa azucarera mediante la implementación de herramientas de gestión y mejora continua (Hernández-Sampieri, Mendoza & Torres, 2021).

2.1 Diseño de la investigación

El diseño fue no experimental y transversal, debido a que las variables no fueron manipuladas, sino observadas en su contexto natural, analizando la situación actual de la empresa en un periodo específico. El estudio se desarrolló durante los meses de marzo a agosto de 2025 en las instalaciones administrativas y operativas de una empresa azucarera ubicada en el estado de Campeche.

2.2 Población y muestra

La población estuvo conformada por el personal administrativo y operativo del área de documentación y control interno, integrado por 15 colaboradores. De este grupo se seleccionó una muestra intencional de 10 participantes, representando a los principales encargados de archivo, logística interna y control de calidad.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el diagnóstico inicial se aplicaron diversas herramientas de análisis organizacional:

Análisis FODA: permitió identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del proceso actual de gestión documental, así como las áreas prioritarias de mejora (Chiavenato, 2020).



Diagrama de Ishikawa: se utilizó para determinar las causas raíz de los principales problemas detectados en el manejo de documentos, clasificándolos en factores relacionados con el método, la mano de obra, los materiales, las máquinas y el entorno.

Metodología 5S: sirvió como marco de acción para la mejora continua del área de archivo, implementando las etapas de clasificación (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), estandarización (Seiketsu) y disciplina (Shitsuke) (Gutiérrez & de la Vara, 2022).

Digitalización de documentos: se desarrolló una estrategia de conversión de archivos físicos a formato digital, con el propósito de reducir el uso de papel, optimizar los tiempos de búsqueda y almacenamiento, y fortalecer la trazabilidad documental.

Los instrumentos utilizados incluyeron listas de verificación, formatos de observación directa, entrevistas semiestructuradas con el personal involucrado y registros de tiempos de procesamiento antes y después de la implementación de la digitalización.

2.4 Procedimiento

Diagnóstico inicial: Se realizó la observación directa del área administrativa para identificar las condiciones actuales del sistema de archivo.

Aplicación del análisis FODA y diagrama de Ishikawa: Se elaboraron en conjunto con el personal las matrices de diagnóstico y se identificaron las causas principales de ineficiencia.

Diseño e implementación de la metodología 5S: Se desarrolló un plan de acción para la reorganización del área, estableciendo indicadores de cumplimiento y cronogramas de seguimiento.

Digitalización documental: Se clasificaron los documentos según su tipo, antigüedad y relevancia. Posteriormente, se escanearon y almacenaron en carpetas digitales con codificación estandarizada.

Evaluación de resultados: Se compararon los tiempos de localización y acceso a la información antes y después de la intervención, además de aplicar encuestas de satisfacción al personal sobre la utilidad del nuevo sistema.

3. RESULTADOS

Primeramente, se realizó un diagnóstico exhaustivo del área de Salud Ocupacional, a través de un análisis FODA (véase figura 1), se identificaron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del área. Un diagrama de Ishikawa permitió analizar las causas de los problemas detectados, ofreciendo una visión clara de los factores que afectan la operatividad del departamento.

Figura 1. Análisis FODA del área de salud ocupacional

FORTALEZAS - Operatividad del personal: A pesar de las limitaciones, el personal mantiene una operatividad adecuada y se esfuerza en atender a la mayoría de los pacientes. - Orden alfabético en medicamentos: Facilita la ubicación rápida y eficiente de los medicamentos. - Compromiso del personal: El personal está comprometido con la atención de los pacientes. - Adaptabilidad: El equipo ha demostrado capacidad para adaptarse a las limitaciones del entorno, manteniendo la calidad del servicio. - Conocimiento del personal: Experiencia y conocimiento en la gestión de situaciones médicas dentro del entorno industrial.	OPORTUNIDADES - Implementación de tecnología: Uso de Excel para optimizar el registro de evaluaciones médicas y evitar la acumulación de registros físicos. - Aplicación de 5S: Reducción del espacio ocupado por elementos innecesarios, mejorando el entorno y la eficiencia. - Capacitaciones sobre EPP: Implementar un cronograma de pláticas sobre el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP) para reducir las asistencias médicas frecuentes. - Optimización del espacio: Reconfiguración del espacio físico para maximizar su uso y mejorar el flujo de trabajo.
DEBILIDADES - Acumulación de cosas innecesarias: Espacio físico reducido y mal utilizado. - Sistema de registro ambiguo de evaluaciones médicas: Dependencia en registros físicos que ocupan espacio y son difíciles de manejar. - Falta de control de inventarios: Medicamentos próximos a caducar y posibles desabastos debido a la falta de inventario. - Falta de automatización: Procesos manuales que podrían ser optimizados con el uso de herramientas digitales.	AMENAZAS - Espacio reducido: Afecta la capacidad de atención a los trabajadores y limita el uso eficiente del espacio. - Riesgos laborales: Mayor frecuencia de asistencias médicas debido al mal uso o falta de uso del EPP. - Sobrecarga del personal: Riesgo de burnout o fatiga del personal si las condiciones no operativas no mejoran, afectando la calidad del servicio. - Regulaciones de salud y seguridad: Posible incumplimiento de normativas debido a limitaciones en el espacio y la gestión de recursos.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa del área de salud ocupacional



3.1 Metodología 5s

Esta intervención fue necesaria debido a la identificación de problemas críticos relacionados con el desorden y la acumulación de materiales innecesarios, así como la falta de una distribución eficiente del



espacio. Dichas condiciones no solo afectaban la operatividad del área, sino que también ponían en riesgo la seguridad y eficiencia de los procesos cotidianos.

La metodología 5S, reconocida por su enfoque en la organización, limpieza y estandarización de espacios de trabajo, fue aplicada con el objetivo de mejorar el entorno laboral. En la primera fase, se realizó una clasificación rigurosa (Seiri) para eliminar todo lo que no era indispensable, seguido de un proceso de orden (Seiton), reorganizando los materiales esenciales para optimizar el flujo de trabajo. A continuación, se procedió con una limpieza profunda (Seiso) del área, eliminando cualquier residuo que pudiera comprometer la higiene o seguridad.

Finalmente, se establecieron estándares (Seiketsu) para mantener el orden y la limpieza a largo plazo, y se capacitó al personal en hábitos de disciplina (Shitsuke) para garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. El resultado de esta actividad fue un espacio de trabajo más eficiente, seguro y con una mejor disposición del equipo y materiales, contribuyendo significativamente a la mejora de las condiciones laborales y operativas del área de Salud Ocupacional.

Para este caso se utilizaron herramientas de check lista para recopilar los datos, como se muestra en la tabla 1.

Tabal 1 Formato de Checklist 5S – Seguridad y Salud Ocupacional

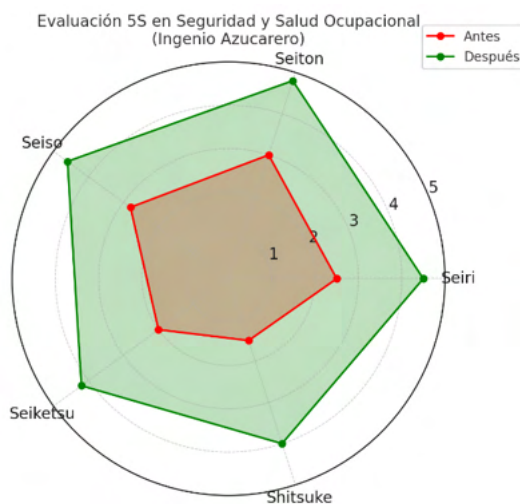
Área / Elemento a revisar	Criterio de cumplimiento	Sí	No	Observaciones
Seiri (Clasificar)	Documentos obsoletos retirados	X		
	EPP en mal estado eliminado		X	
Seiton (Ordenar)	Material de oficina innecesario retirado	X		
	Extintores en lugares señalados	X		
	Botiquín completo y accesible	X		
	Señalización de rutas de evacuación visible	X		
	Herramientas de brigada en panel o estante designado	X		
Seiso (Limpieza)	Áreas de emergencia limpias y libres de obstáculos	X		
	Puestos de primeros auxilios higienizados	X		
	Talleres y pasillos sin derrames ni desechos	X		
Seiketsu (Estandarizar)	Checklists actualizados y en uso	X		
	Procedimientos de limpieza documentados	X		
	Calendario de inspecciones visibles	X		
Shitsuke (Disciplina)	Personal cumple normas de seguridad	X		
	Auditorías internas realizadas	X		
	Campañas visuales de seguridad activas	X		

Tala 2. Tabla de Indicadores 5S – Seguridad y Salud Ocupacional

Indicador	Fórmula	Meta	Línea base (antes)	Resultado (después)
Disponibilidad de EPP en buen estado (%)	$(\text{EPP en buen estado} \div \text{Total de EPP}) \times 100$	$\geq 95\%$	70%	95%
Cumplimiento de señalización (%)	$(\text{Señales correctas} \div \text{Total de señales requeridas}) \times 100$	100%	60%	100%
Accidentes menores por desorden (nº/mes)	Nº de incidentes registrados	0	5	1
Cumplimiento checklist 5S (%)	$(\text{Puntos cumplidos} \div \text{Total de puntos}) \times 100$	$\geq 90\%$	55%	92%

Participación en capacitaciones (%)	$(\text{Trabajadores capacitados} \div \text{Total de trabajadores}) \times 100$	$\geq 85\%$	50%	88%
-------------------------------------	--	-------------	-----	-----

Figura 3. Evaluación de la aplicación de la metodología 5S



3.2 Digitalización

En el consultorio médico del área de salud ocupacional del ingenio La Joya, se lleva a cabo la evaluación médica de los trabajadores, especialmente aquellos que desempeñan labores críticas como trabajos en altura, donde se requiere un control más riguroso del estado de salud. Sin embargo, el proceso de registro y almacenamiento de la información se ha gestionado de manera manual, archivando los datos en carpetas físicas, lo que genera varios inconvenientes, como la ocupación innecesaria de espacio que podría ser utilizado para equipo médico o materiales. Además, el manejo manual de los registros tiende a ser propenso a errores y dificulta el acceso rápido a la información relevante, con el fin de optimizar este proceso y mejorar la eficiencia del consultorio, se implementó un sistema automatizado de registro de trabajadores utilizando Excel. A través de la creación de una hoja de verificación digital, se automatizó el registro de consultas y evaluaciones médicas, particularmente aquellas relacionadas con trabajos de alto riesgo, como los trabajos en altura.

El sistema se basa en el uso de la fórmula BUSCARV, que permite la búsqueda rápida y precisa de los datos de cada trabajador utilizando su número de empleado como referencia única. Al ingresar este número, la hoja de cálculo recupera automáticamente toda la información necesaria, incluyendo los datos personales, historial médico, evaluaciones anteriores y cualquier observación relevante, véase figura 4.

Esta automatización no solo agiliza el proceso de registro, sino que también reduce considerablemente el tiempo dedicado a la búsqueda manual de datos, mejorando la eficiencia operativa del consultorio.

Además, la digitalización del sistema elimina la necesidad de almacenar grandes cantidades de documentos en papel, lo que libera espacio físico dentro del consultorio. Este espacio puede ser mejor aprovechado para la instalación de equipos médicos o almacenamiento de insumos, contribuyendo a un ambiente más ordenado y funcional. Otro beneficio clave de la automatización es la reducción del riesgo de pérdida o deterioro de información importante, ya que el sistema digital garantiza un almacenamiento seguro y organizado de los registros médicos. Asimismo, permite un acceso más ágil a los datos en caso de inspecciones, auditorías o revisiones; algo crucial para mantener un control adecuado del estado de

salud de los trabajadores que realizan actividades de alto riesgo, adicionalmente, este sistema automatizado facilita el cumplimiento normativo y los requisitos de seguridad laboral, ya que proporciona un historial médico fácilmente accesible para los responsables del área de salud ocupacional. Esto es especialmente importante en entornos industriales como el ingenio La Joya, donde el bienestar de los trabajadores es una prioridad y el acceso a información confiable y rápida puede ser vital en casos de emergencias o revisiones preventivas.

Finalmente, este enfoque de digitalización y automatización sienta las bases para futuras mejoras en la gestión de la salud ocupacional. El sistema diseñado es flexible y puede ser adaptado para incorporar nuevas funcionalidades, como el seguimiento de ausencias médicas, control de asistencia a capacitaciones de seguridad, o incluso la integración con otros sistemas de gestión de recursos humanos o seguridad industrial.

Figura 4. Ejemplo de la digitalización realizada

PERSONAL INTERNO							
Fecha	Hora	No. De trabajador	Nombre	Área/Categoría	Saturación O2	Frecuencia	Presión arterial
14/09/2024	07:02	3327	=SI.ERROR(BUSCARV(B9,'LISTA MAESTRO'!B5:O1965,2,0),""))			74 %	133/91 mmHg
14/09/2024	07:05	3570	MANUEL JESUS				118/74 mmHg
14/09/2024	07:07	3089	FRANCISCO ROMERO				123/76 mmHg
14/09/2024	07:08	4225	JUAN RAMON GARCIA GARCIA	AY. PAILERO		65 %	131/85 mmHg
14/09/2024	07:10	3081	HUMBERTO PACHECO UC	SOLDADOR		72 %	117/79 mmHg
14/09/2024	07:13	5485	MARIO ANTONIO ZULUB TORRES	AY. PAILERO		80 %	130/81 mmHg
14/09/2024	07:14	4110	IGNACIO AC GAMBOA	AY. SOLDADOR		49 %	124/80 mmHg
14/09/2024	07:17	4714	PABLO DANIEL LULE CHAVEZ	AY. PAILERO		78 %	118/80 mmHg
14/09/2024	07:20	4080	JOSE DEL JESUS NEGRETE PERAZA	PAYLERO		100 %	125/97 mmHg
14/09/2024	07:29	3249	MOISES PEROZA ALVAREZ	PAYLERO		77 %	118/83 mmHg
14/09/2024	07:31	4236	ROLANDO FERNANDO NAAL PECH	AY. PAYLERO		64 %	126/85 mmHg
14/09/2024	07:33	3555	RICARDO FRANCISCO CHULIN HERRERA	MECANICO		80 %	132/86 mmHg
14/09/2024	07:34	4987	MIGUEL ANGEL BARRAGAN BACAB	AY. MECANICO		61 %	115/76 mmHg
14/09/2024	07:42	3309	JOSE JESUS MORENO OIL	PAILERO		70 %	133/82 mmHg
14/09/2024	07:43	4909	JUAN FLORES BELLO	AY. PAILERO		75 %	121/70 mmHg
14/09/2024	07:44	3916	TIBURCIO BURGOS CALAN	PAYLERO		66 %	133/81 mmHg
14/09/2024	07:45	3866	PEDRO NIC BRICEÑO	SOLDADOR		75 %	120/85 mmHg
14/09/2024	07:46	4030	JOSE ANTONIO HERRERA PISTE	AY. SOLDADOR		86 %	126/74 mmHg
14/09/2024	07:47	3072	MARTIN DEL JESUS ALVAREZ HERNANDEZ	PAYLERO		66 %	118/69 mmHg
14/09/2024	07:48	5156	EDUIN ALEJANDRO CHULIN CHAB	AY. PAYLERO		77 %	120/84 mmHg

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

El proyecto titulado “Optimización de los programas de salud ocupacional mediante la gestión integral en el departamento de seguridad industrial y salud ocupacional de la empresa azucarera ha representado una intervención integral en áreas clave del departamento, abordando aspectos de organización, gestión del espacio, control de inventarios, digitalización de registros y manejo de residuos. Cada una de estas mejoras fue diseñada para optimizar tanto los recursos como la eficiencia operativa, con el fin último de mejorar la seguridad y el bienestar de los trabajadores de la empresa.

Para mejorar la eficiencia del espacio en el área de salud ocupacional, se aplicó la metodología de las 5S. Esta metodología se enfocó en cinco principios fundamentales: Clasificación, Orden, Limpieza, Estandarización y Disciplina, los cuales se implementaron de manera gradual. En un espacio limitado, como el del departamento de salud ocupacional, la organización adecuada y el orden resultan esenciales para evitar accidentes, reducir el tiempo de búsqueda de materiales y garantizar que todos los insumos estén accesibles y listos para su uso. La implementación de las 5S permitió a los empleados organizar el espacio de trabajo de forma racional y eficiente, eliminando objetos innecesarios, asignando lugares



específicos a cada material y estableciendo normas claras de orden y limpieza. Esto no solo generó un ambiente más seguro y controlado, sino que también contribuyó a una mayor productividad en las tareas diarias del departamento.

Asimismo, la digitalización de los registros de asistencia mediante el uso de Excel significó un paso importante hacia la modernización y la eficiencia administrativa. Anteriormente, el registro de trabajadores que acudían al departamento de salud ocupacional se realizaba de forma manual, utilizando papel, lo cual requería de espacio físico considerable y prolongaba el tiempo necesario para registrar y consultar la información. Al automatizar este proceso con Excel, se logró reducir el tiempo de registro y consulta a la mitad, permitiendo un control más preciso y accesible de los datos. Además, la eliminación del papeleo físico no solo liberó espacio en el área, sino que también facilitó el acceso a la información, ya que ahora es posible buscar registros de manera rápida y confiable.

En resumen, este trabajo de investigación ha logrado una transformación integral en el departamento de seguridad industrial y salud ocupacional de la empresa azucarera. Las mejoras implementadas en la organización del espacio, la gestión del inventario, la digitalización de registros, y el manejo de residuos no solo han optimizado la operatividad y eficiencia del departamento, sino que también han promovido una cultura de seguridad y salud que beneficia tanto a los trabajadores como a la empresa en su conjunto. Con estas medidas, la empresa se encuentra mejor preparada para enfrentar los desafíos futuros y mantener un entorno laboral más seguro, organizado y eficiente, lo que sin duda contribuirá a la mejora continua y al desarrollo sostenible de sus operaciones.

5. REFERENCIAS

Chiavenato, I. (2020). *Introducción a la teoría general de la administración* (9.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Cabello-Ballesteros, M. T., & Mombiela-Muruzabal, A. (2016). *Historia clínica electrónica: Evolución de la relación médico-paciente en la consulta de Atención Primaria*. Medicina de Familia (SEMERGEN), 42(3), 180-185. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2016.01.002>

Guachamín Guevara, A. X. (2025). *Impacto de la automatización industrial en la seguridad y salud ocupacional: una revisión sistemática*. Polo del Conocimiento. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/9744/html>

Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2022). *Control estadístico de calidad y mejora de procesos* (3.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Hernández-Sampieri, R., Mendoza, C., & Torres, C. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill Education.

Herrera-Vidal, G., Carrillo-Landazábal, M., Hernández-del Valle, B., Herrera-Vega, J. C. & Vargas-Ortiz, L. (2019). *Aplicación de la Metodología 5'S para la Mejora de la Productividad en el Sector Metalmecánico de Cartagena (Colombia)*. Revista ESPACIOS, 40(11), 30. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n11/19401130.html>

López T., A. M., & González-Ramos, T. (2020). *La salud ocupacional: bienestar laboral, productividad y calidad de vida en las organizaciones*. Revista Colombiana de Salud Ocupacional, 14(2), 45-56. Recuperado de https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc_salud_ocupa/article/download/9548/version/9793/9283/29934



Martínez, A. M., & Moreno, M. A. M. (2020). Importancia del talento humano y herramientas tecnológicas en el desarrollo organizacional, para la mejora de la productividad laboral. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 7(14), 117-126.

Moran Olvera, B. M., & Chávez Cujilán, Y. T. (2022). *Metodología 5S como herramienta para mejorar la productividad en las empresas*. AlfaPublicaciones, 4(1.1), 358-371. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.1.164>

Piñero, E. A., Vivas, F. E., & Kaviria, L. (2018). *Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo*. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, VI(20), 99–110.

Quiñónez Rentería, M. A., & Segarra Jaime, H. P. (2025). La digitalización documental y su incidencia en la eficiencia de procesos administrativos de la Cooperativa de Ahorro y Crédito Grupo Número Tres Limitada. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 6(1), 6414. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.710>

Rodarte, A. & Blanco, M. (2020). 5S's una herramienta de calidad para la mejora del desempeño operativo: Un estudio en las empresas de la cadena automotriz de Nuevo León. *Innovaciones de Negocios*, 6(12-3). <https://doi.org/10.29105/rinn6.12-3>

Rodríguez, A., & Hernández, P. (2020). *Presión arterial en altura: fisiología e implicaciones clínicas*. Revista de Hipertensión Humana, 35(7), 583-592. <https://doi.org/10.1038/s41371-020-00433-3>



ESTIMACIÓN NO INVASIVA DEL PESO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Morales-Navarro, Nestor Antonio ^{1,*}; Perez-Patricio, Madain¹; Cossío-Martínez, Aída Guillermina¹; Roblero-López, Ruth Madeine¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

* nestor.mn@tuxtla.tecnm.mx

Área: Cadena de suministro

Resumen

El sector agrícola enfrenta actualmente múltiples desafíos, como el crecimiento poblacional, el aumento del hambre, el cambio climático y la sobreexplotación de los recursos naturales, lo que exige soluciones innovadoras para garantizar una producción eficiente y sostenible. En este contexto, el artículo presenta un sistema no invasivo de estimación del peso de productos agrícolas —específicamente lechuga hidropónica— utilizando imágenes RGB-D y técnicas de aprendizaje profundo. La propuesta integra herramientas de visión por computadora al flujo logístico agroalimentario, permitiendo calcular el peso de los productos sin contacto físico, con el objetivo de optimizar procesos como clasificación, empaque, transporte y trazabilidad. La metodología incluye la captura de imágenes RGB-D, segmentación del producto, modelado 3D y entrenamiento de una red neuronal profunda (DNN) para estimar el peso a partir de características volumétricas. Los resultados obtenidos muestran una precisión del 85.63%, lo que permite reducir tiempos de medición y mejorar la planificación logística. Esta solución representa un avance hacia cadenas de suministro más inteligentes, sostenibles y orientadas a la agricultura 4.0.

Palabras clave: visión por computadora, cadena de suministro, logística agrícola, imágenes RGB-D, aprendizaje profundo.

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial enfrenta grandes desafíos. El crecimiento de la población, el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos naturales y el aumento del hambre están poniendo en jaque la capacidad de los sistemas agrícolas para producir alimentos de manera sostenible. Según la FAO (2021), esta situación exige una transformación profunda del sector, y la tecnología juega un papel clave en esa transformación.

Entre las herramientas más prometedoras están la inteligencia artificial (IA) y, en particular, el aprendizaje profundo. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos para tomar decisiones más precisas y eficientes en el manejo de cultivos. Por ejemplo, como explican Yu et al. (2024), el aprendizaje profundo —basado en redes neuronales— ya se está utilizando para optimizar el crecimiento de las plantas, mejorar su calidad y detectar problemas de forma temprana. Aunque estas aplicaciones han destacado en áreas como la conducción autónoma o el reconocimiento de voz, su impacto en el campo agrícola no deja de crecer (Osorio, 2021).

Un caso concreto es el cultivo de la lechuga, alimento básico en muchas dietas. Tradicionalmente, su monitoreo se realiza de forma manual, lo que consume mucho tiempo y es propenso a errores, especialmente en el registro de información. Estudios como el de Quetz Aguirre et al. (2023) han mostrado que el uso de sistemas automatizados y bitácoras digitales no solo ahorra tiempo, sino que mejora significativamente la precisión en la detección de plagas o enfermedades.

Este tipo de innovación cobra especial importancia en México, donde el sector agrícola continúa en expansión. De acuerdo con el INEGI (2022), en ese año se cultivaron más de 32 millones de hectáreas, generando una producción de casi 297 millones de toneladas de alimentos. Además, se registró un crecimiento en las unidades de producción y un aumento del 54 % en el acceso al crédito, lo que indica un entorno favorable para la adopción de nuevas tecnologías.

En este contexto, la presente investigación propone un sistema innovador para estimar el peso de la lechuga hidropónica sin necesidad de tocarla. Utilizando imágenes RGB-D (que combinan color y profundidad) y técnicas de aprendizaje profundo, el sistema es capaz de calcular el peso del producto de forma automática y precisa. Esto no solo elimina la necesidad de inspecciones manuales, sino que también proporciona datos en tiempo real que pueden mejorar la planificación de la cosecha, la logística y la comercialización.

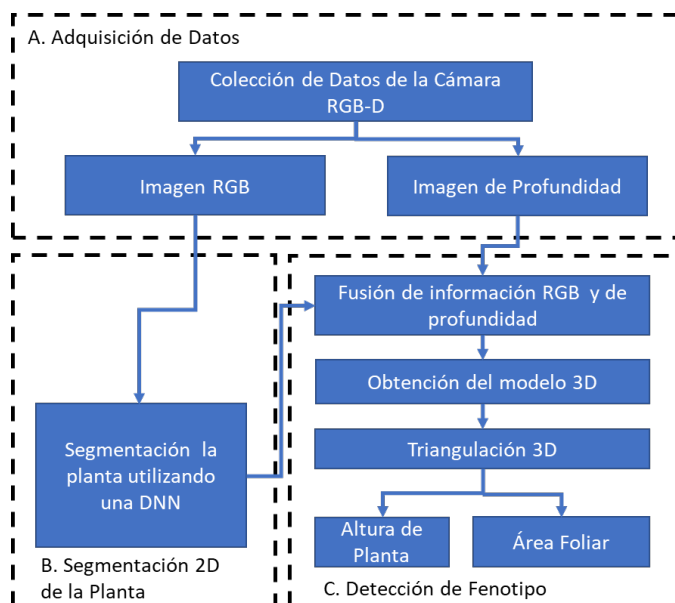
Al automatizar este proceso clave, se busca optimizar la cadena de suministro agrícola, reduciendo errores, ahorrando tiempo y mejorando la toma de decisiones. En definitiva, este tipo de soluciones tecnológicas marcan un paso firme hacia una agricultura más inteligente, eficiente y sostenible.

2. MÉTODOS

La metodología de la propuesta se presenta en la figura 1. Primeramente, las entradas de nuestra metodología son las imágenes a color y de profundidad de la Lactuca Sativa. Posteriormente, las imágenes a color se proporcionan a una red neuronal profunda (DNN), la cual se entrena para obtener la segmentación semántica que identifica el conjunto de píxeles correspondientes a la planta. Lo anterior, permite que en la propuesta conserve únicamente el conjunto de píxeles correspondiente a la planta y elimina el fondo. Después, los píxeles de la segmentación semántica de la planta se fusionan con los píxeles correspondientes en la imagen de profundidad. Para esto, las imágenes de color y de profundidad deben estar rectificadas. Finalmente, utilizando el modelo de cámara estenopeica, se realiza la reconstrucción 3D de la planta para obtener indicadores como el volumen y altura, que son indicadores del crecimiento y la salud de la planta.

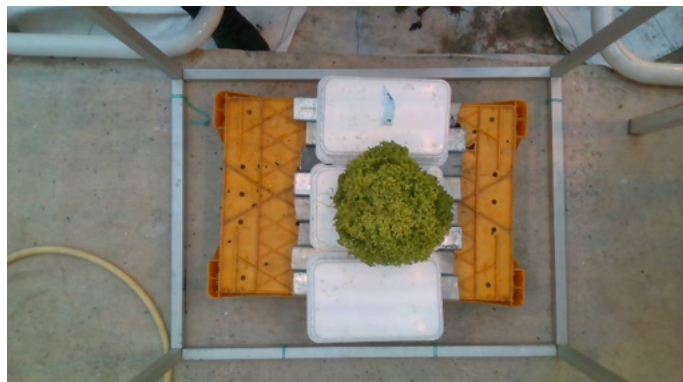
Red Neuronal Profunda (DNN)

En primer lugar, se obtiene la imagen RGB de la Lactuca Sativa (ver figura 2), que se utiliza como entrada para la Red Neuronal Profunda (DNN, por sus siglas en inglés). Esta red corresponde a una arquitectura de aprendizaje automático compuesta por múltiples capas de neuronas artificiales que permiten modelar relaciones complejas y no lineales en los datos. Las DNNs son una extensión de las redes neuronales tradicionales, con un mayor número de capas ocultas, lo que les permite aprender características a diferentes niveles de abstracción. Estas redes son fundamentales en el campo del aprendizaje profundo (deep learning) y han demostrado ser altamente eficaces en una amplia gama de aplicaciones, que van desde el reconocimiento de voz hasta el procesamiento de imágenes [LeCun, 2015].



Fuente: Elaboración propia.

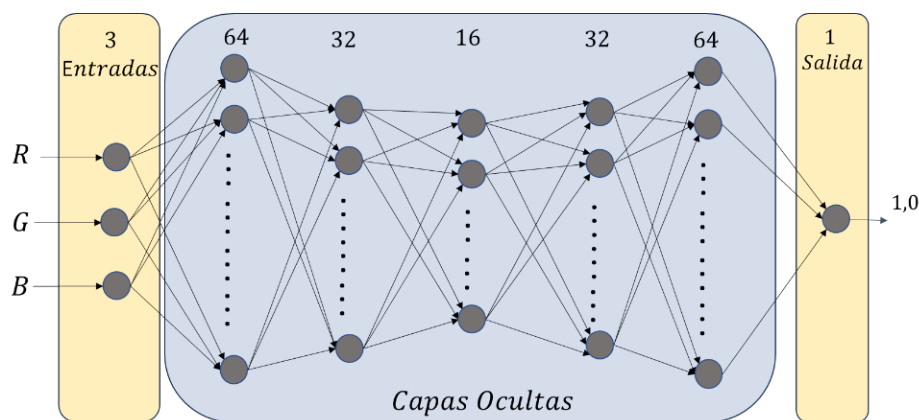
Figura 1 Diagrama a bloques de la metodología propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Imagen RGB de entrada a la DNN

Se propone utilizar una Red Neuronal Profunda (DNN), como se muestra en la figura 3, la cual consta de una capa de entrada con tres neuronas. Cada neurona recibe como entrada las características de color RGB correspondientes al píxel a evaluar. A continuación, la arquitectura incluye cinco capas ocultas, conformadas por 64, 32, 16, 32 y 64 neuronas, respectivamente. Finalmente, la capa de salida está compuesta por una sola neurona que, mediante una función de activación sigmoide, clasifica el píxel como planta (1) o fondo (0).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Red de aprendizaje propuesta

En una Red Neuronal Profunda (DNN), la salida de cada capa l puede describirse mediante la ecuación 1. Donde $a^{(l-1)}$ representa el vector de activaciones de la capa anterior (o la entrada de la red en el caso de la primera capa), w^l es la matriz de pesos de la capa actual, b^l es el vector de sesgos de la capa actual y $f(\cdot)$ es la función de activación aplicada de manera elemento por elemento.

La ecuación 1 es central en el funcionamiento de las DNNs, ya que permite que estas redes transformen las entradas a través de múltiples capas no lineales para aprender representaciones complejas [Lu, 2023].

$$a^{(l)} = f(W^{(l)}a^{(l-1)} + b^{(l)}) \quad (1)$$

La función de activación sigmoide es una función no lineal ampliamente utilizada en redes neuronales, especialmente en la salida de modelos de clasificación binaria (ver ecuación 2). Donde x es la entrada a la función sigmoide y la salida de la función sigmoide se encuentra en el rango (0,1), lo que la hace adecuada para interpretar probabilidades.

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2)$$

Segmentación semántica

El proceso para realizar la segmentación semántica se lleva a cabo utilizando una configuración de redes neuronales profundas. Esta arquitectura es capaz de capturar tanto características locales como globales de las plantas en las imágenes, lo que da como resultado una segmentación más precisa y robusta [Ronneberger, 2015]. Además, el uso de enfoques supervisados con redes neuronales profundas entrenadas utilizando grandes conjuntos de datos etiquetados ha demostrado ser altamente eficaz para la segmentación precisa de cultivos específicos, como la Lactuca sativa. Este método asigna una etiqueta a cada píxel de una imagen según su pertenencia a la clase planta. En la figura 4, se muestra la segmentación semántica obtenida (color rojo) de la planta Lactuca sativa.

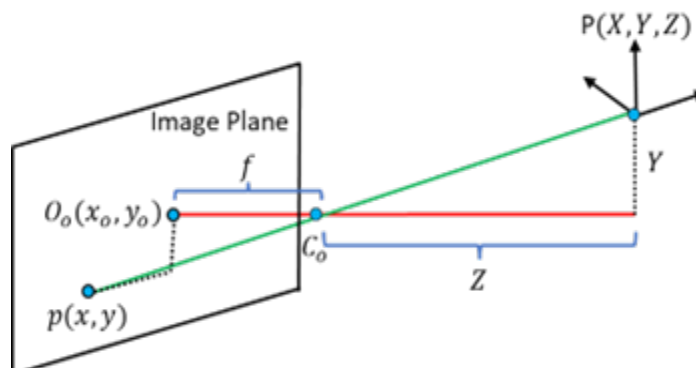


Fuente: YOLOv7

Figura 4 Segmentación semántica de una planta

Modelo de cámara estenopeica

El modelo de cámara estenopeica se basa en la proyección de la luz reflejada en un punto en el espacio $P(X, Y, Z)$ a un punto en el plano imagen $p(x, y)$, el cual pasa a través del centro de la cámara C_o . El centro óptico O_o es el origen de coordenadas en el plano imagen, el cual se encuentra ubicado en el centro geométrico del plano imagen, aunque eso depende de los parámetros intrínsecos de la cámara, aunque en la práctica, este puede no serlo [de Jesús Osuna-Coutiño, 2022]. La distancia focal f es la distancia entre el centro óptico O_o y el plano imagen. Por lo tanto, por medio de triángulos similares podemos calcular que punto $P(X, Y, Z)$ se asigna al punto $p(\frac{fX}{Z}, \frac{fY}{Z}, f)$ en el plano de la imagen. Lo anterior, se muestra en la figura 5.



Fuente: Elaboración propia

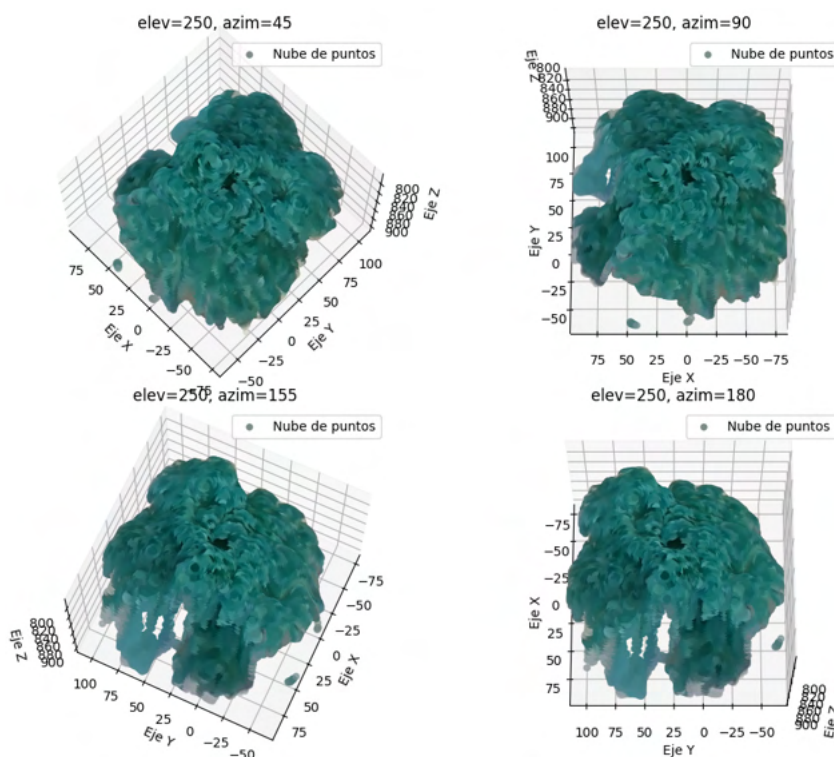
Figura 5 Geometría de la cámara estenopeica.

Se utiliza el modelo de cámara estenopeica junto con la información del plano imagen y la profundidad estimada para generar la nube de puntos 3D. La información se convierte a unidades de metros al dividir el factor de escala k con el valor de 255 (máxima intensidad en una imagen de 8 bits) y lo multiplicarlo por la información de profundidad z . El factor de escala k representa la profundidad máxima que podemos obtener. Por ejemplo, considerando una profundidad máxima de 2 metros y un valor de intensidad de 80 en escala de grises, el valor de Z es aproximadamente 62.74 centímetros. Las ecuaciones 3, 4 y 5 permiten calcular las coordenadas (X , Y , Z) de un punto en el espacio. En la figura 6, se presenta el modelo 3D de la planta generada utilizando el modelo de cámara estenopeica.

$$Z = (k \cdot z)/255 \quad (3)$$

$$X = (x \cdot Z)/f \quad (4)$$

$$Y = (y \cdot Z)/f \quad (5)$$



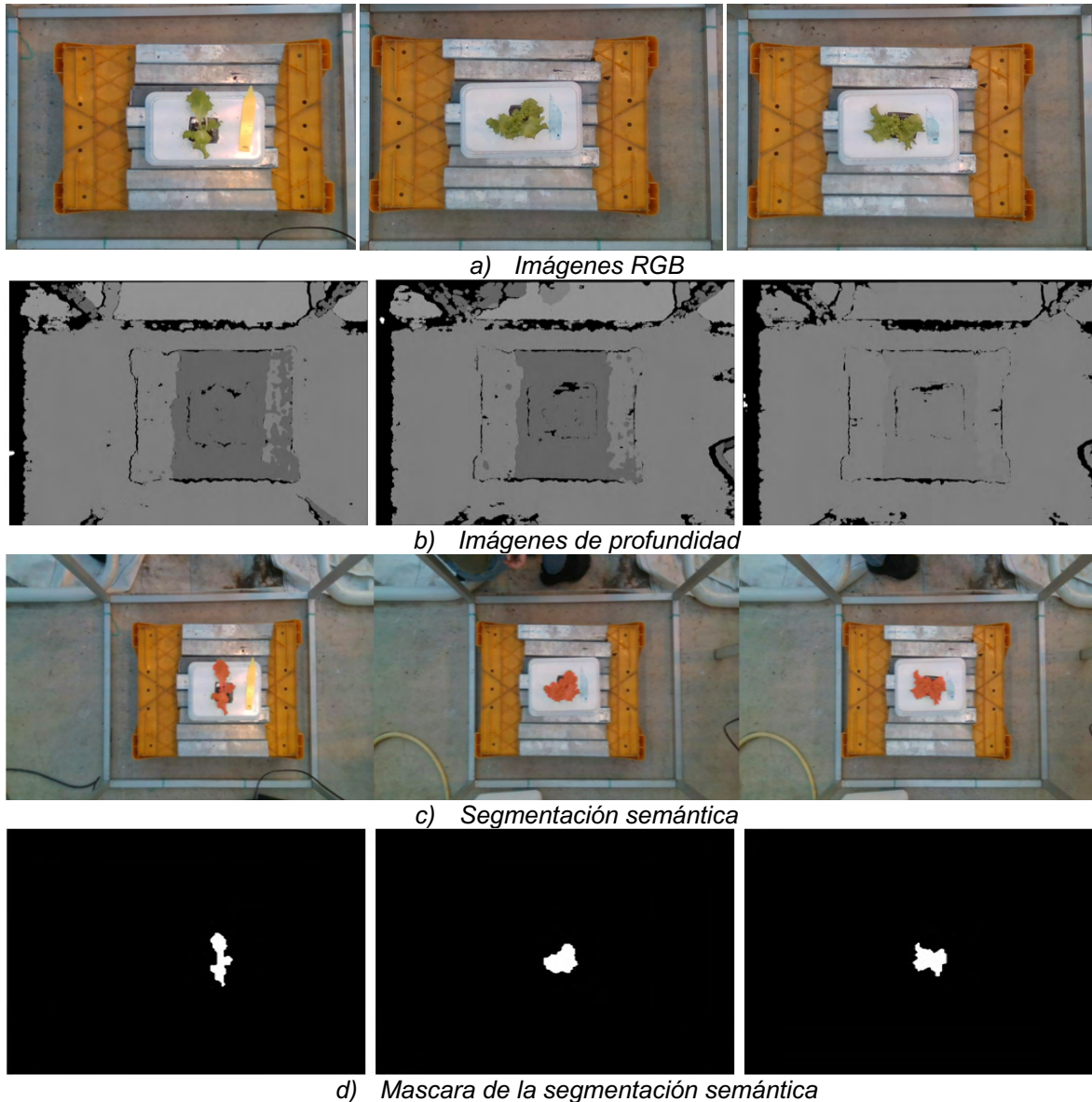
Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Modelo 3D de la planta desde distintas perspectivas

3. RESULTADOS

En los experimentos se utilizaron un conjunto de datos compuesto por 363 imágenes RGB y de profundidad de Lactuca Sativa [Hemming,2021]. En la figura 7, se muestran algunas de las imágenes RGB (ver Figura 7a) e imágenes de profundidad (ver Figura 7b) que se utilizaron para validar la metodología propuesta en este trabajo. Utilizando la DNN, se logró obtener la segmentación semántica que identifica el conjunto de píxeles en la imagen RGB pertenecientes a la Lactuca Sativa (ver Figura 7c). Como resultado de esa segmentación, se puede apreciar en la Figura 7d la máscara obtenida a partir de la segmentación semántica, la cual se binariza utilizando un umbral con un valor de referencia de 255. Esta máscara permite eliminar la información que no corresponde a la Lactuca Sativa en la imagen RGB y en su respectiva imagen de profundidad. Una de las ventajas de la segmentación semántica utilizando la DNN es la reducción del costo computacional, que es mucho menor en comparación a otros enfoques

tradicionales como el crecimiento de regiones. Además, el utilizar una DNN otorga una robustez a cambios de iluminación en las escenas.

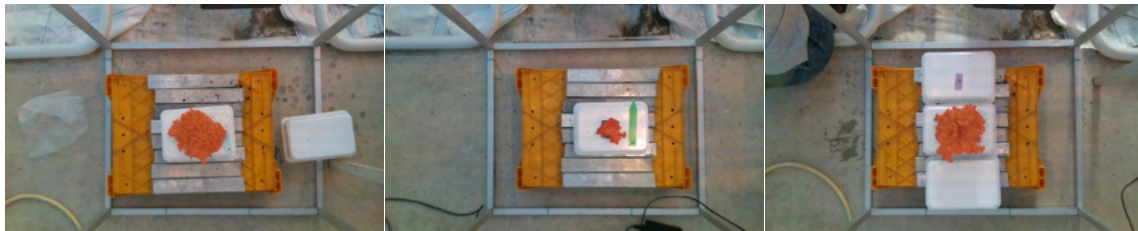


d) Mascara de la segmentación semántica

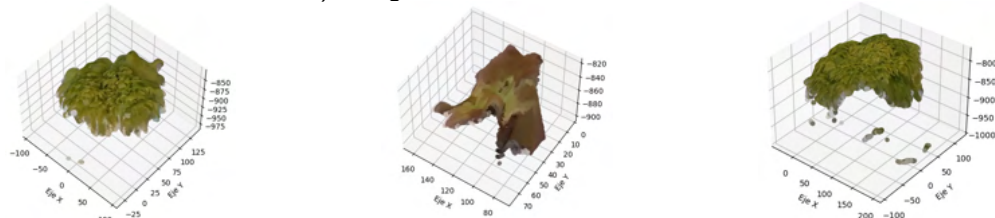
Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Resultados de la segmentación semántica

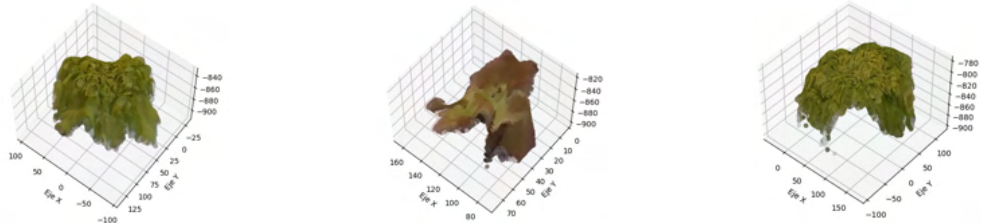
Utilizando el modelo de cámara estenopeica, se obtiene el modelo 3D de cada planta al fusionar la información de la segmentación semántica obtenida por la DNN con la imagen de profundidad. Además, para comparar los resultados, se entrenó una red de aprendizaje YOLOv7 que detecta la segmentación semántica de la planta. De esta forma, se obtiene el modelo 3D de la planta utilizando la segmentación semántica de YOLOv7 (figura 8c) y la segmentación semántica de la DNN (figura 8d).



a) Segmentación semántica



b) Modelo 3D generado con segmentación semántica YOLOv7

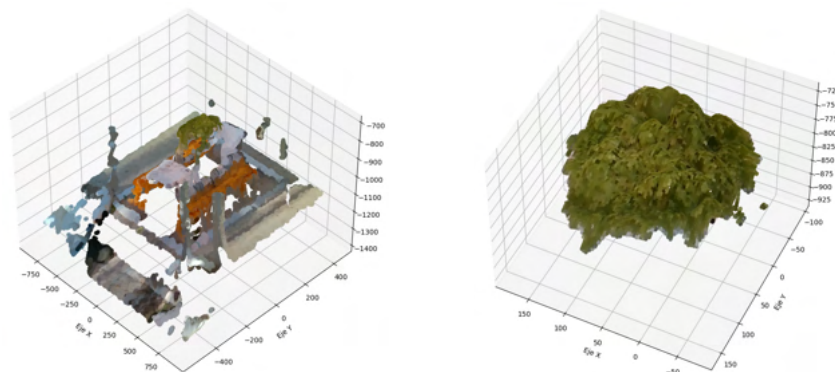


c) Modelos 3D generado con segmentación semántica con la DNN propuesta

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Resultados del modelado 3D

Al utilizar la segmentación semántica para la obtención del modelo 3D de la Lactuca sativa, se descarta información de la escena, para conservar únicamente a la planta. Esto se puede observar en la figura 9, donde se aprecia en el lado izquierdo la nube de puntos de la escena completa, mientras que con segmentación semántica se obtiene únicamente la nube de puntos de la planta.



a) Modelo 3D sin segmentación semántica

b) Modelo 3D con segmentación semántica

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Modelos 3D obtenidos usando el modelo de cámara estenopeica

Volumen de la planta

Una vez obtenido el modelo 3D de la planta, se utiliza la triangulación de Delaunay para dividir los puntos en tetraedros. Posteriormente, se emplea la ecuación 6 para calcular el volumen de cada tetraedro

definido por cuatro puntos en el espacio tridimensional. Donde se calcula el volumen V de cada tetraedro formado por los puntos p_1, p_2, p_3 , y p_4 . Donde $\vec{a} = p_2 - p_1$, $\vec{b} = p_3 - p_1$ y $\vec{c} = p_4 - p_1$.

$$V = \frac{1}{6} |\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{c})| \quad (6)$$

Una vez calculado el volumen de cada tetraedro, el volumen total del objeto se obtiene sumando los volúmenes de todos los tetraedros formados por la triangulación de Delaunay, utilizando la ecuación 7. Donde n es el número de tetraedros del modelo 3D obtenido e i es el i -ésimo tetraedro del modelo 3D.

$$V_{total} = \sum_{i=1}^n V_i \quad (7)$$

Altura de la planta

Para la obtención de la altura de la planta, se toma como referencia el eje Z , identificando el punto mínimo denominado z_0 y el máximo denominado z_1 . Por lo tanto, la altura de la planta se obtiene por medio de la ecuación 8.

$$Altura = (z_1 - z_0) \quad (8)$$

Altura de la planta

En la tabla 1 se puede observar los resultados del volumen y altura de cada modelo 3D que representa las métricas de cada planta. Estos datos no se pueden obtener directamente de la imagen RGB.

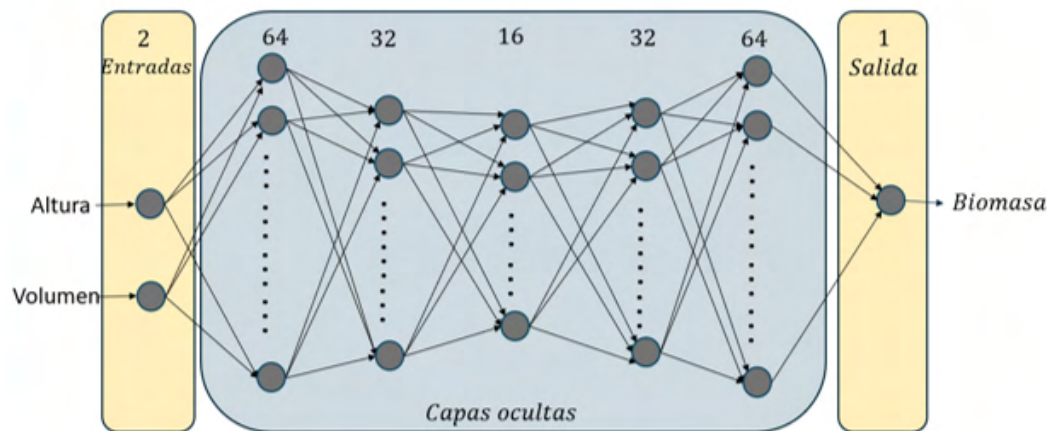
Tabla 1 Información 3D obtenida de las plantas de Lactuca Sativa

Muestra	DNN		YOLOv7	
	Volumen	Altura (mm)	Volumen	Altura (mm)
Lechuga 1	228576.53	71	229324.78	72
Lechuga 2	240660.82	66	244670.15	68
Lechuga 3	206503.42	46	206871.42	49
Lechuga 4	355783.77	77	357642.47	85
Lechuga 5	424344.57	66	428873.35	68
Lechuga 6	408073.86	71	424606.49	77
Lechuga 7	2573573.2	168	2912642.67	181
Lechuga 8	2440503.08	164	2643290.19	176
Lechuga 9	2715266.04	126	2874627.67	138
Lechuga 10	2120505.27	138	2651035.09	146

Fuente: elaboración propia.

Estimación del peso

Para la estimación del peso de la lechuga a partir de su modelo 3D, se empleó una red neuronal profunda (DNN) con dos variables de entrada: altura y volumen (Ver figura 10). El modelo está conformado por cinco capas ocultas y una capa de salida compuesta por una sola neurona, que representa la biomasa. Mediante una función de activación lineal en la capa de salida, la red genera una aproximación del peso real de la lechuga.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Arquitectura de la DNN para estima el Peso

En la Tabla 2, se presentan los resultados por medio de la Red Neuronal Profunda (DNN) aplicada a la estimación de biomasa. Los valores mostrados reflejan tanto las predicciones realizadas por el modelo como el análisis del error promedio y el porcentaje de precisión de la arquitectura.

El primer valor de la columna "Peso Real" corresponde a los datos observados o medidos de biomasa, los cuales fueron utilizados como referencia para valorar el desempeño de cada red. En comparación con estos valores reales, se evaluó los resultados obtenidos por la DNN.

La arquitectura DNN consta de 7 capas, la cual mostró resultados bastante cercanos a los valores reales en la mayoría de los casos. Por ejemplo, frente a un valor real de 242.1, la red estimó 227.00, y para un valor real de 161, la estimación fue de 156.58. En general, esta red obtuvo un promedio de error del 14.37%, alcanzando un porcentaje de precisión del 85.63%, lo que representa el mejor desempeño entre todas las arquitecturas evaluadas.

Tabla 2. Estimación del peso usando una DNN

Peso Real	DNN 7 Capas
242.1	227.00
44.9	31.32
161	156.58
62.7	65.91
94	90.14
87.4	68.59
22.9	32.61
129	134.22
6.1	6.44
3.2	2.14
Promedio error	14.37%
Porcentaje de precisión	85.63

Fuente: elaboración propia



4. DISCUSIÓN

Aunque las imágenes a color son útiles para la detección de ciertos rasgos superficiales, su uso exclusivo limita la capacidad de extraer información espacial y volumétrica relevante. Además, los modelos basados únicamente en color pueden ser sensibles a las variaciones en iluminación y condiciones ambientales, lo que afecta la precisión y consistencia de las mediciones.

El uso exclusivo de imágenes a color presenta ambigüedades en la interpretación de la altura y forma de las plantas debido a la perspectiva y las proyecciones de sombras. La fusión con imágenes de profundidad elimina estas ambigüedades, proporcionando una medida directa de la distancia desde el sensor a diferentes partes de la planta, lo que mejora significativamente la precisión en la estimación del volumen y la altura. La extracción precisa de información sobre la altura y el volumen de las plantas es crucial para el monitoreo del crecimiento y la salud de los cultivos.

Al comparar los enfoques que utilizan modelos 3D generados a partir de la fusión de imágenes segmentadas a color y su correspondiente imagen de profundidad, con aquellos que solo emplean imágenes a color, las ventajas del primer enfoque son notables. Se realizó una comparación con la red de aprendizaje YOLOv7 para evaluar la eficiencia en tiempo de ejecución. Sin embargo, YOLOv7 no está diseñado para segmentación semántica, sino para la detección de objetos, lo que provoca que los resultados de la segmentación semántica no sean tan precisos para detectar la planta. Además, como se observa en la figura 9c, el modelo 3D obtenido mediante la fusión de la segmentación semántica de YOLOv7 y la imagen de profundidad presenta información de ruido provocada por la segmentación. Esto puede distorsionar la geometría de la planta, resultando en un cálculo incorrecto de la altura y el volumen. En contraste, la fusión de la segmentación semántica utilizando la DNN propuesta con las imágenes de profundidad permite obtener modelos 3D más precisos en términos de geometría (ver Figura 9d), lo que proporciona una representación detallada de la estructura tridimensional de la planta. Esto es fundamental para calcular de manera precisa la altura y el volumen. Las imágenes a color, por otro lado, solo proporcionan información bidimensional, lo que limita severamente la capacidad de calcular métricas volumétricas y de altura con exactitud.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un sistema de análisis automatizado basado en segmentación semántica y modelado 3D orientado a la optimización de la cadena de suministro agrícola. Mediante una red neuronal profunda (DNN), fue posible identificar y aislar de forma precisa ejemplares de *Lactuca sativa* en imágenes RGB, incluso bajo variaciones de iluminación y presencia de ruido. La integración de la segmentación con información de profundidad permitió generar modelos tridimensionales con alta fidelidad métrica, posibilitando la estimación precisa de parámetros como volumen y altura.

Estos modelos 3D constituyen una fuente confiable para el cálculo no invasivo del peso y la biomasa de los productos, lo que mejora significativamente la planificación logística, la gestión del inventario y la programación del transporte dentro de la cadena de suministro. Al disponer de mediciones más exactas, se optimizan procesos como la clasificación, el empaquetado y la distribución, reduciendo pérdidas y costos operativos. En conjunto, la metodología propuesta ofrece un marco tecnológico sólido para avanzar hacia una agricultura inteligente y una logística más eficiente, sustentada en datos precisos y automatizados.

6. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] [de Jesús Osuna-Coutiño, J. A., & Martínez-Carranza, J. (2022). Volumetric structure extraction in a single image. *The Visual Computer*, 38(8), 2899–2921. <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02163-w>
- [2] Din, M. S. U., Mubeen, M., Hussain, S., Ahmad, A., Hussain, N., Ali, M. A., El Sabagh, A., Elsabagh, M., Shah, G. M., Qaisrani, S. A., Tahir, M., Javeed, H. M. R., Anwar-ul-Haq, M., Ali, M., & Nasim, W. (2022). World nations priorities on climate change and food security. En *Building Climate Resilience in Agriculture* (pp. 365–384). Springer International Publishing.



- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *The state of food and agriculture 2021. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- [4] Gai, R., Chen, N., & Yuan, H. (2023). A detection algorithm for cherry fruits based on the improved YOLO-v4 model. *Neural Computing & Applications*, 35(19), 13895–13906. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06029-z>
- [5] Gang, M.-S., Kim, H.-J., & Kim, D.-W. (2022). Estimation of greenhouse lettuce growth indices based on a two-stage CNN using RGB-D images. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(15), 5499. <https://doi.org/10.3390/s22155499>
- [6] Garcia-Garcia, A., Orts-Escolano, S., Oprea, S., Villena-Martinez, V., Martinez-Gonzalez, P., & Garcia-Rodriguez, J. (2018). A survey on deep learning techniques for image and video semantic segmentation. *Applied Soft Computing*, 70, 41-65. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.05.018>
- [7] Heiwolt, K., Duckett, T., Cielniak, G. (2021). Deep Semantic Segmentation of 3D Plant Point Clouds. In: Fox, C., Gao, J., Ghalamzan Esfahani, A., Saaj, M., Hanheide, M., Parsons, S. (eds) *Towards Autonomous Robotic Systems. TAROS 2021. Lecture Notes in Computer Science*, vol 13054. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89177-0_4
- [8] Hemming, S., de Zwart, H. F., Elings, A., Bijlaard, M., Bart Marrewijk, V., Petropoulou, A. (2021). 3rd autonomous greenhouse challenge: Online challenge lettuce images [Data set]. 4TU.ResearchData.
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Censo Agropecuario 2022*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/>
- [10] Jain, S., Ramesh, D., Damodar Reddy, E., Rathod, S., & Ondrasek, G. (2024). A fast high throughput plant phenotyping system using YOLO and Chan-Vese segmentation. *Soft Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00500-024-09946-y>
- [11] Juárez Ruanova, L. I., Linares Fleites, G., Sandoval Solis, M. L., & Cigarroa Alonso, K. M. (2021). Cambio de uso de suelo y vegetación asociado a la carencia de servicios públicos y políticas públicas en Atoyatempan, Puebla. *Nexo Revista Científica*, 34(06), 1611–1622. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i06.13122>
- [12] Khan, A., Ezati, P., & Rhim, J.-W. (2023). Alizarin: Prospects and sustainability for food safety and quality monitoring applications. *Colloids and Surfaces. B, Biointerfaces*, 223(113169). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113169>
- [13] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [14] Lin, Z., Fu, R., Ren, G., Zhong, R., Ying, Y., & Lin, T. (2022). Automatic monitoring of lettuce fresh weight by multi-modal fusion based deep learning. *Frontiers in Plant Science*, 13, 980581. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.980581>
- [15] Liu, Y., Sun, J., Yu, H., Wang, Y., & Zhou, X. (2020). An Improved Grey Wolf Optimizer Based on Differential Evolution and OTSU Algorithm. *Applied Sciences*, 10(18), 6343. <https://doi.org/10.3390/app10186343>
- [16] Lu, J., Gong, P., Ye, J., Zhang, J., & Zhang, C. (2023). A survey on machine learning from few samples. *Pattern Recognition*, 139(109480), 109480. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2023.109480>
- [17] Mirhaji, H., Soleymani, M., Asakereh, A., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2021). Fruit detection and load estimation of an orange orchard using the YOLO models through simple approaches in different imaging and illumination conditions. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191(106533), 106533. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106533>
- [18] Osorio, K. (2021). *Aplicación de técnicas de aprendizaje profundo para la clasificación de cultivos de lechuga utilizando imágenes de hojas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- [19] Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 9(1), 62–66. <https://doi.org/10.1109/tsmc.1979.4310076>



- [20] Quetz Aguirre, A., Pérez Hernández, C., & Torres Rodríguez, F. (2023). Implementación de bitácoras digitales para el monitoreo fitosanitario en agricultura de pequeña escala. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 18(2), 45-53. <https://doi.org/10.1109/RITA.2023.3257654>
- [21] Ribeiro, A. L. A., Maciel, G. M., Siquieroli, A. C. S., Luz, J. M. Q., Gallis, R. B. de A., Assis, P. H. de S., Catão, H. C. R. M., & Yada, R. Y. (2023). Vegetation indices for predicting the growth and harvest rate of lettuce. *Agriculture*, 13(5), 1091. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051091>
- [22] Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234-241). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- [23] Sheng, Y., & Song, L. (2019). Agricultural production and food consumption in China: A long-term projection. *China Economic Review*, 53, 15–29. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2018.08.006>
- [24] Vesco, P., Dasgupta, S., De Cian, E., & Carraro, C. (2020). Natural resources and conflict: A meta-analysis of the empirical literature. *Ecological Economics: The Journal of the International Society for Ecological Economics*, 172(106633). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106633>
- [25] Vishnoi, V. K., Kumar, K., Kumar, B., Mohan, S., & Khan, A. A. (2023). Detection of apple plant diseases using leaf images through convolutional neural network. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 11, 6594–6609. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3232917>
- [26] Xu, D., Chen, J., Li, B., & Ma, J. (2023). Improving lettuce fresh weight estimation accuracy through RGB-D fusion. *Agronomy* (Basel, Switzerland), 13(10), 2617. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102617>
- [27] Yu, J., Zhang, L., & Zhou, H. (2024). Deep learning in precision agriculture: A comprehensive review on crop monitoring and yield prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 219, 108798. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108798>



APLICACIÓN DEL MÉTODO DE BARRIDO CON VARIABLES ALEATORIAS EN PROCESOS LOGÍSTICOS DE EMBARQUES Y ENTREGAS DE LA EMPRESA IMPULSORA SAHUAYO S.A. DE C.V.

Cruz-Pérez, José Favian^{1*}; Sánchez-Figueroa, Blanca Regina¹; Flores-Guirao, Sheyla Karina¹

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Carretera Panamericana Km. 1080, S/C, C.P. 29050. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*jfabiancp1@gmail.com

Área: Transporte

Resumen

El presente artículo, explica el desarrollo del método de barrido en la optimización de rutas logísticas de la Empresa Impulsora Sahuayo S.A. de C.V. Ubicado en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, se desarrolló un modelo descriptivo para identificar variables clave y se aplicó el método de barrido para resolver el Vehicle Routing Problem (VRP). Se consideraron restricciones como capacidad, tiempo, clima e infraestructura, y se usaron herramientas como Ishikawa, Pareto, Amef y modelos estadísticos para pronosticar la demanda del año 2025. La reorganización de rutas se pretende que mejore la eficiencia, costos y tiempos, aumentando la satisfacción del cliente. La estrategia demostró ser eficaz, replicable y adaptable a demandas variables, optimizando recursos y fortaleciendo la resiliencia operativa.

Palabras clave: Distribución; Demanda aleatoria; Logística; Método de barrido; Transporte

Abstract

This article presents the development and implementation of the sweep method to optimize the logistic routing of the company Impulsora Sahuayo S.A. de C.V. Located in Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a descriptive model was developed to identify key variables, and the sweep method was applied to address the Vehicle Routing Problem (VRP). Constraints such as vehicle capacity, time, weather, and infrastructure were considered. Additionally, quality tools like the Ishikawa diagram, Pareto diagram, Amef, and statistical models were used to forecast demand for the year 2025. The route reorganization aims to improve efficiency, reduce costs and delivery times, and enhance customer satisfaction. The strategy proved to be effective, replicable, and adaptable to variable demand, optimizing resources and strengthening operational resilience.

Key Words: Distribution; Random demand; Logistics; Sweep method; Transportation

1. INTRODUCCIÓN

La optimización logística es fundamental para mejorar la competitividad en un mercado en constante crecimiento, especialmente en la distribución. La variabilidad en la demanda de productos, tráfico e imprevistos obliga a usar métodos avanzados y tecnologías para gestionar y hacer frente a estos desafíos. Este estudio aborda modelos descriptivos, modelo de regresión lineal simple y soluciones para el Vehicle Routing Problem (VRP) para optimizar rutas y programación de entregas.

Se destaca el uso de tecnologías como geolocalización y sistemas de gestión de flotas para mejorar la eficiencia en tiempo real, reducir costos y mejorar la experiencia del cliente. Se proponen estrategias

innovadoras para que la Empresa Impulsora Sahuayo S.A. de C.V. enfrente retos logísticos actuales y futuros con soluciones prácticas y adaptables a los cambios.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se llevó a cabo mediante un diseño experimental en el que se pretende evaluar el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente, así como el uso de método cualitativo y cuantitativo. Se desarrollo la metodología en diferentes procesos; se dio inicio en el siguiente cronograma, donde explica el desarrollo de la aplicación del método descriptivo, con el objetivo de conocer todas las variables de las rutas de distribución y embarques.

Tabla 1. Cronograma del proceso del método descriptivo

Cronograma del proceso del método descriptivo						
Actividad	Semanas					
	1	2	3	4	5	6
Planificación para el desarrollo de método descriptivo						
análisis del proceso de embarques y monitoreo						
Recolección de datos de las rutas de distribución						
Identificar rutas de distribución, combinadas estratégicamente						
Diseño de las rutas establecidas de distribución en Google Maps						
Desarrollo de la base de datos de las rutas de distribución						
Conclusión del análisis de método descriptivo mediante un análisis FODA.						

Aplicado el método descriptivo y el análisis FODA, se detectó el problema de raíz; se aplicaron herramientas de la calidad, al proceso de distribución y ruteo de la empresa, Diagrama de Ishikawa, Pareto y Amef, para obtener el NPR.

Para el desarrollo del método se aplicaron herramientas estadísticas. Los datos para pronosticar con indicadores del año 2024: unidades enviadas por semana a zonas de distribución, capacidad del vehículo, tipo de vehículo, zonas de distribución y resta del porcentaje de consideración de carga por la geografía de zonas.

Las principales limitantes de este estudio, los escasos registros en base de datos de la demanda de productos por zonas, se analizaron indicadores del crecimiento de población en las diferentes zonas, para aplicar el método de proyección inversa o de estimación histórica, para pronosticar la demanda futura de la empresa. La investigación se basa en la tasa de crecimiento de población para determinar el porcentaje anual promedio.

Aplicado el método de proyección inversa o de estimación histórica se utilizó la siguiente fórmula de consumo en toneladas. Con los datos obtenida por el Consejo Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG), el % de crecimiento poblacional, por cada zona de distribución.

$$D_t = \frac{D_{t+n}}{(1+r)^n} \quad (1)$$

D_t = demanda (o consumo) año pasado estimación

D_{t+n} = demanda (o consumo) año más reciente

r = tasa de crecimiento promedio anual del consumo (en decimal)

n = años de diferencia entre el año estimado y año base conocido

Se utilizó la siguiente fórmula del modelo de regresión lineal simple. Con los datos de consumo estimado por toneladas en cada zona de distribución.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2)$$

$\hat{Y}$ = Demanda pronosticada (en toneladas)

β_0 = Intercepción o constante (valor de la demanda cuando $X = 0$)

β_1 = Coeficiente de regresión (cambio en la demanda por cada unidad de cambio en X)

X = Variable independiente

Se obtuvieron los datos estimados del consumo en toneladas del año 2024.

Tabla 2. Zonas de distribución

Zonas de distribución	Total, en toneladas al año
Zona Costa	496.37 Ton
Zona Frailesca	1,886.112 Ton
Zona Istmo	4,694.112 Ton
Zona Altos	8,045.184 Ton
Zona Selva	1,075.2 Ton
Zona Villahermosa	831.744 Ton
Zona Centro	1,209.6 Ton

3. RESULTADOS

Se determinó el resultado del diagnóstico del método descriptivo por medio del NPR costos elevados de distribución por demanda aleatoria.

Tabla 3. Logística de distribución

L.D (Logística de distribución)
El proceso de distribución carecía de una programación adecuada, generando altos costos. Se aplicaron herramientas de calidad para identificar visualmente las causas principales que afectan los

subprocesos. Mediante un Amef, se determinó el NPR para priorizar oportunidades de mejora y optimizar los procesos.	
Costos elevados de distribución por la demanda aleatoria	144
Se identificó riesgo de falla moderado que afecta directamente la distribución, considerando variables externas e incontrolables como infraestructura vial, geografía, zonas de riesgo, normativas locales, fluctuaciones en la demanda, falta de cobertura de red y condiciones climáticas.	

Resultados obtenidos, y pronosticados para la demanda estimada en toneladas de productos para el año 2025, estos datos se obtuvieron con la aplicación de la fórmula del modelo de regresión lineal simple.

Tabla 4. Pronósticos

Modelo	Zonas	Ecuación de regresión	Pronóstico 2025 (ton)
1	Zona Costa	$\hat{Y} = 472.69 + 5.92X$	502.29 Ton
2	Zona Frailesca	$\hat{Y} = 1,796.08 + 22.50X$	1,908.58 Ton
3	Zona Istmo	$\hat{Y} = 4,501.53 + 48.02X$	4,741.63 Ton
4	Zona Altos	$\hat{Y} = 7,735.12 + 77.56X$	8,122.92 Ton
5	Zona Selva	$\hat{Y} = 1,023.88 + 12.83X$	1,088.03 Ton
6	Zona Villahermosa	$\hat{Y} = 808.82 + 5.72X$	837.42 Ton
7	Zona Centro	$\hat{Y} = 1,183.94 + 8.16X$	1,224.74 Ton

Con base al estudio desarrollado, se logró la asignación de unidades, según demanda pronosticada y porcentaje de participación. Para el cálculo de asignación de unidades, se aplicó la siguiente formula, con el objetivo de identificar las unidades adecuadas para las rutas establecidas.

$$Unidades = 35 \times \left(\frac{\text{Porcentaje ajustado}}{100} \right) \quad (3)$$

Tabla 5. Demanda pronosticada en toneladas para el año 2025

Zonas	Demanda pronosticada en toneladas para el año 2025	% Ajustado	Unidades (aprox.)	Unidades (enteras)
Zona Costa	502.29 Ton	2.73 %	0.96	1
Zona Frailesca	1,908.58 Ton	10.36 %	3.62	4
Zona Istmo	4,741.63 Ton	25.73 %	9.00	9
Altos Angostura	1,237.69 Ton	6.71 %	2.35	2
Altos Normal	2,327.00 Ton	12.62 %	4.41	4
Altos Selva	2,468.57 Ton	13.39 %	4.68	5
Altos Malpaso	2,089.66 Ton	11.36 %	3.98	4
Zona Selva	1,088.03 Ton	5.91 %	2.06	2
Zona Villahermosa	837.42 Ton	4.54 %	1.59	2
Zona Centro	1,224.74 Ton	6.65 %	2.33	2
TOTAL	18,425.61 Ton	100 %	34.98	35 ajustado

Método experimental

Resultados de la propuesta de aplicación para el experimento del proceso de distribución con rutas fijas.

Tabla 6. Resultados de asignación de rutas fijas

Resultados de asignación de rutas fijas

Zonas	Tipo de unidades		Operadores	
Zona Costa	Una camioneta de 3.5 toneladas		Un operador de camioneta	
	Total, de unidades	1	Total, de operadores	1
Zona Frailesca	Una camioneta de 3.5 toneladas		2 operadores de camionetas	
	Una camioneta de 5 toneladas			
	2 tortón de 14 toneladas		2 operadores de tortón	
	Total, de unidades	4	Total, de operadores	4
Zona Istmo	4 camioneta de 5 toneladas		4 operadores de camionetas	
	2 rabón de 9 toneladas		2 operadores de rabón	
	3 tortón de 14 toneladas		3 operadores de tortón	
	Total, de unidades	9	Total, de operadores	9
Zona Altos en general				
Zona Altos Angostura	Una camioneta de 3.5 toneladas		Un operador de camioneta	
	Un tortón de 14 toneladas		Un operador de tortón	
	Total, de unidades	2	Total, de operadores	2
Zona Altos Normal	Una camioneta de 3.5 toneladas		2 operador de camionetas	
	Una camioneta de 5 toneladas			
	2 tortón de 14 toneladas		2 operadores de tortón	
	Total, de unidades	4	Total, de operadores	4
Zona Altos Selva	2 camioneta de 3.5 toneladas		2 operadores de camionetas	
	3 tortón de 14 toneladas		3 operadores de tortón	
	Total, de unidades	5	Total, de operadores	5
Zona Altos Malpaso	2 camioneta de 5 toneladas		2 operadores de camionetas	
	2 tortón de 14 toneladas		2 operadores de tortón	
	Total, de unidades	4	Total, de operadores	4
Zona Selva	2 tortón de 14 toneladas		2 operadores de tortón	
	Total, de unidades	2	Total, de operadores	2
Zona Villahermosa	Una camioneta de 3.5 toneladas		Un operador de camionetas	
	Un tortón de 14 toneladas		Un operador de tortón	
	Total, de unidades	2	Total, de operadores	2
Zona Centro	2 camioneta de 3.5 toneladas		2 operadores de rabón	
	Total, de unidades	2	Total, de operadores	2
Total	35 unidades		35 operadores	

El análisis operativo identifica la necesidad de contratar un operador de tortón y capacitar a dos operadores de rabón para cubrir la demanda en la zona centro, normalmente atendida por camionetas. Actualmente, se operan en promedio 35 de las 43 unidades disponibles, debido a mantenimientos y fallas.

5 operadores tienen conocimiento completo de las 7 zonas de distribución. Se propone asignarlos estratégicamente en las zonas de mayor demanda Istmo y Altos para responder con flexibilidad a cambios en la demanda. Los 30 operadores restantes se mantendrían en rutas fijas, mientras los 5 versátiles cubrirían necesidades emergentes, optimizando la productividad.

Método de barrido

Se asignaron unidades y operadores fijos para las 7 zonas de distribución, implementando el método de barrido mediante el software personalizado de la empresa Impulsora Sahuayo S.A. de C.V. Este sistema, adaptado al problema de ruteo de vehículos (VRP), optimiza rutas para minimizar costos como distancia, tiempo y número de vehículos, asegurando una programación eficiente y adecuada a la demanda.

Tabla 7. Aplicación del método de barrido

Aplicación del método de barrido para la empresa Impulsora Sahuayo S.A. de C.V.		
Proceso de aplicación de forma manual		Proceso de aplicación con software VRP de Sahuayo
1	Ubicar el depósito y los clientes en un plano, cuadrícula, mapa o aplicación de las SIG.	Abrir el software de la empresa Sahuayo S.A de C.V. (ubicar y visualizar la zona de distribución, con vista general de Google Maps.)
2	Calcular el ángulo polar de cada cliente desde el depósito.	Cargar vehículo asignado al software. (agregar un andén) Empezar a puntear desde el nodo de partida (Sahuayo), y jalar todos los clientes de cada pueblo de la base de datos, para ir punteando todos los pueblos hasta llegar al tope en peso.
3	Ordenar los clientes por ángulo polar de forma lógica. (como barriendo en círculo o en sentido de las manecillas del reloj).	Hacer zoom en cada pueblo punteado, y ordenar de forma lógica la distribución de red para cada cliente, ordenando primero los clientes de la entrada hasta la salida con el objetivo de no generar cruces. (tomando en cuenta que hay clientes especiales que hacen esperar a los operadores, en estos casos puntear la red de distribución saltando a dichos clientes y regresar en tiempos estimados a surtir al cliente especial, aunque se generen cruces).
4	Agrupar los clientes en rutas según cubra la capacidad del vehículo.	Tomando en cuenta que el software de la empresa, esta automatizado para informar cuando la unidad ya llegó al tope de carga. (se procede al proceso de ordenar la red de distribución de cada pueblo antes punteado, hasta armar la ruta completa).
5	Trazar las rutas: del depósito, a cada grupo de clientes, y de regreso.	Las variables que no se pueden controlar, como infraestructuras carreteras, condiciones geográficas y climáticas, convenios con pueblos, entre otras; estas determinan, el tiempo de retorno de la unidad asignada por la misma ruta de manera inversa.
6	Iniciar con el mismo proceso si falta cubrir pedidos	Si la unidad cubre con todos los pedidos de las rutas establecidas, termina el barrido. (si faltaron pueblos por distribuir asignar una unidad con la capacidad ajustada a la demanda faltante, si la ruta cuenta con dicha unidad, se asigna; posterior se envía una unidad con la capacidad adecuada de las rutas de altos e istmo que se les fue asignada operadores que conocen las variables de todas las zonas de distribución).
7	Analizar si se cubrió toda la demanda con el barrido por zonas	Estos procesos antes mencionados, barrerán de forma estratégica y programada todas las zonas de distribución con el objetivo de optimizar las rutas y volverlas más rápidas y eficiente.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

La aplicación del método descriptivo, el modelo de regresión lineal simple y el método de barrido permitió identificar variables clave en los procesos logísticos de ruteo; optimizando recursos y mejorando la toma de decisiones. Estos métodos y herramientas resaltaron la importancia de la geolocalización, la



coordinación logística y el uso de software especializado para adaptarse a la demanda. El análisis de datos históricos permitió pronosticar la demanda para 2025, facilitando una planificación eficiente.

Como trabajos futuros, se propone integrar modelos predictivos más complejos, considerar variables externas como condiciones climáticas e infraestructura, fortalecer la digitalización de procesos logísticos y guardar información de la demanda de productos. Esto permitirá desarrollar una cadena de suministro más resiliente, adaptable y centrada en el cliente, incrementando la productividad operativa y reduciendo costos a largo plazo.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a DIOS, a mis padres y hermanos, expreso mi reconocimiento al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, a la Dra. Blanca Regina Sánchez Figueroa y Dra. Sheyla Karina Flores Guirao, a la empresa Impulsora Sahuayo S.A. de C.V., y a todas las personas que me apoyaron durante mi residencia profesional. Su guía, enseñanzas y acompañamiento fueron clave para culminar esta etapa tan significativa en mi formación como ingeniero.

6. REFERENCIAS

- Alcantara, M. E. (17 de Diciembre de 2024). *¿Qué es el método del barrido en logística?* Obtenido de <https://softplanner.io/es/blog/que-es-el-metodo-de-barrido-en-logistica>
- Ana Paula Bravo Quispe, C. L. (Marzo de 2021). *GESTIÓN DE RUTAS A TRAVÉS DEL USO*. Obtenido de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13293/Bravo_Gestion-rutas-traves.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ardila Chavarro, D. T. (2021). *Actualización del sistema de rutas de recolección y barrido de residuos sólidos en el programa de aseo del municipio Fortul, Arauca para la empresa EMCOAAAFOR E.S.P.* Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/8805>
- CMMS. (23 de Julio de 2021). *¿Qué es el Número de prioridad del riesgo?* Obtenido de <https://cmms.pe/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-2/>
- Dantzig, G. B. (2020). *The Optimal Solution of the Distribution Network Problem. Journal of Operations.* Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80784-8_20
- Darwin Rodrigo Cachimuel-Iza, R. E.-A.-C.-M. (2022). *Proceso de diseño y planificación de rutas de transporte para mejorar los tiempos de entrega.* Obtenido de POLO DEL CONOCIMIENTO : <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3806>
- Evangelina Lezama León, M. H. (05 de Enero de 2021). *Boletín Científico INVESTIGIUM de la Escuela Superior de Tizayuca.* Obtenido de Análisis de la Logística Inversa de Productos Perecederos en México: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/investigium/article/view/5576>
- Fierros, A. Y. (2020). *Método de Barrido y ahorros.* Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-coatzacoalcos/logistica-y-cadenas-de-suministro/metodo-de-barrido-y-ahorros-y-su-importancia-en-la-logistica/27035524>
- Gardey, J. P. (07 de Octubre de 2021). *Transporte - Qué es, clasificación, definición y concepto.* Obtenido de <https://definicion.de/transporte/>
- Gómez, I. M. (2023). *Modelo de Redes.* Obtenido de https://sga.unemi.edu.ec/media/archivodiapositivasilabo/2023/07/12/archivodiapositiva_20237121037.pdf
- Home, P. (2022). *El portal de la gestión, calidad y mejora continua.* Obtenido de iagramas de correlación: Cómo mostrar la relación de una variable con respecto a otra: <https://www.pdcahome.com/diagramas-de-correlacion/>
- Loidi, B. C. (01 de Abril de 2023). *Optimización de rutas de distribución para reducir costos de transporte en la empresa Inversiones Generales 15 de diciembre E.I.R.L. 2022.* Obtenido de <https://core.ac.uk/reader/553624020>
- Merino, J. P. (18 de Abril de 2023). *Ruta - Qué es, en la informática, definición y concepto.* Disponible en <https://definicion.de/ruta/>. Obtenido de



- <https://definicion.de/ruta/#:~:text=Ruta%20es%20un%20camino%2C%20carretera,vez%20deriva%20del%20lat%C3%ADn%20rupta.>
- Merino, J. P. (11 de Octubre de 2023). *Tráfico - Qué es, definición y concepto*. Obtenido de <https://definicion.de/trafico/>
- Miñan, M. (Julio de 2023). *Definición de Diagrama de Ishikawa Según autores, Ejemplos y Concepto*. Obtenido de <https://definicionwiki.com/definicion-de-diagrama-de-ishikawa-segun-autores-ejemplos-concepto/>
- Muguira, A. (2025). *¿Qué es la escala de Likert y cómo utilizarla?* Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>
- Planificada, E. (04 de Julio de 2023). *Demanda de mercado*. Obtenido de <https://economiplanificada.com/demanda-de-mercado/>
- Posada Rodríguez, Á. A. (11 de Junio de 2024). *Diseño de un modelo híbrido para el mejoramiento del proceso de ruteo de vehículos en el centro de distribución de Coca Cola FEMSA en Barranquilla*. Obtenido de <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/12021>
- Raffino, E. e. (05 de Agosto de 2021). *Geografía. Enciclopedia Concepto*. Recuperado el 6 de marzo de 2025 de <https://concepto.de/geografia/>. Obtenido de <https://concepto.de/geografia/>
- Riesco, J. (01 de abril de 2021). *¿Qué es un proceso logístico?* Obtenido de <https://enviame.io/que-es-un-proceso-logistico/>
- TERRESTRE, C. (11 de Marzo de 2024). *EMBARQUE*. Obtenido de <https://controlterrestre.com/glosario/embarque/>
- Textil, L. (24 de Febrero de 2025). *Nodos Logísticos: ¿Qué son y qué ventajas aportan?* Obtenido de https://lacortextil.com/actualidad/que-son-nodos-logisticos/#%C2%BFQue_son_los_nodos_logisticos
- Togni, E. M. (22 de Marzo de 2021). *Método de Barrido: herramienta para mejorar la distribución de mercadería*. Obtenido de <https://infocabildo.com/metodo-de-barrido-herramienta-para-mejorar-la-distribucion-de-mercaderia/>
- Velázquez, A. (2025). *¿Qué es el diagrama de Pareto?* Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto>
- Vogler, J. (06 de Noviembre de 2024). *AMEF: Principios básicos y aplicaciones avanzadas en la ingeniería*. Obtenido de <https://inspenet.com/articulo/amef-principios-y-aplicaciones-avanzadas/>



DEL MERCADO AL SUMINISTRO: ANÁLISIS DE LA ELECTROMOVILIDAD COMO OPORTUNIDAD LOGÍSTICA EN EL SUR DE MÉXICO

Flores-Guirao, Sheyla Karina^{1*}; Fragoso-Mandujano, José Armando^{1*}; Ríos-Zúñiga, Gabriela Alejandra¹; Rodríguez-Cabrera, Alberto; López-Jiménez, Alejandro

¹Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Carr. Panamericana 1080, Boulevares, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.

*Sheyla.fg@tuxtla.tecnm.mx

Área: Transporte

Resumen

La transición hacia la electromovilidad representa uno de los principales retos y oportunidades para los sistemas productivos, logísticos y de transporte en México. En regiones del sur del país, donde la infraestructura industrial y energética presenta rezagos históricos, la adopción de vehículos eléctricos se convierte en un desafío estratégico, pero también en una oportunidad para el desarrollo regional sostenible.

El presente artículo tiene como objetivo analizar la electromovilidad desde una perspectiva logística, partiendo de un estudio de mercado realizado en la zona intermunicipal Tuxtla Gutiérrez–Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, enfocado en identificar preferencias, necesidades y percepciones del consumidor ante los vehículos eléctricos.

Los hallazgos muestran que, si bien existe un interés creciente por alternativas de movilidad sustentable, persisten barreras relacionadas con la falta de infraestructura, el desconocimiento técnico y la percepción de altos costos (Arana Collazo & Morgan Beltrán, 2024; Sánchez Vela et al., 2020). No obstante, estos factores abren un campo de oportunidad para el diseño de estrategias logísticas orientadas al desarrollo de cadenas de suministro eléctricas adaptadas al contexto del sur de México.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad eléctrica se ha consolidado a nivel mundial como una estrategia clave para reducir emisiones contaminantes y disminuir la dependencia de combustibles fósiles (Agencia Internacional de Energía [IEA], 2023). En México, su adopción ha crecido en los últimos años, aunque de manera desigual entre regiones (Sánchez Gaspariano & Martínez Gómez, 2023).

El sur del país, particularmente Chiapas, enfrenta retos en infraestructura y desarrollo tecnológico, lo que limita la transición hacia modelos de movilidad sustentable. Sin embargo, este contexto también representa una oportunidad para replantear los sistemas logísticos tradicionales desde una perspectiva innovadora y sostenible (Carrillo et al., 2020).

Desde el enfoque logístico, la electromovilidad no solo impacta al consumidor final, sino que transforma la cadena de suministro, la distribución y la gestión energética. Por ello, comprender el comportamiento del mercado resulta fundamental para diseñar estrategias viables (Kotler & Keller, 2020).

La electromovilidad se refiere al uso de vehículos impulsados por energía eléctrica, lo cual implica una transformación profunda del sistema de transporte tradicional (CONUEE, 2024). Este cambio no solo involucra tecnología, sino también modificaciones en los procesos logísticos y operativos.



Los vehículos eléctricos representan una alternativa viable para reducir emisiones contaminantes y mejorar la eficiencia energética (Chan, 2007). Sin embargo, su implementación depende de factores como infraestructura, costos y percepción del usuario (Martínez Martínez et al., 2024).

Desde la perspectiva logística, la electromovilidad impacta en:

- La cadena de suministro energética
- La infraestructura de carga
- La logística urbana
- La gestión de mantenimiento y operación

En el contexto mexicano, estas transformaciones aún se encuentran en proceso de consolidación (Sánchez Vela et al., 2020).

2. METODOLOGÍA

El análisis se fundamenta en un estudio de mercado de enfoque cuantitativo y descriptivo, aplicado en la zona intermunicipal Tuxtla Gutiérrez–Ocozacoautla.

Se consideraron tres segmentos:

- Posibles compradores de vehículos eléctricos
- Usuarios de mototaxis
- Transportistas

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, utilizando encuestas y entrevistas estructuradas. Este enfoque permitió identificar patrones de comportamiento del consumidor, alineados con metodologías de investigación de mercado (Kotler & Keller, 2020).

Asimismo, se utilizaron datos secundarios sobre el parque vehicular y tendencias de movilidad en México para contextualizar los resultados (INEGI, 2024).

El procedimiento de recolección de información se basó en distribuir las encuestas en formato digital, a través de google forms y otras impresas entregadas de manera física, las cuales posteriormente se transcribieron para analizarlas.

En total se obtuvieron 50 encuestas a posibles compradores, 40 encuestas a usuarios de mototaxis y 25 entrevistas a transportistas, algunos conductores y otros dueños de mototaxis.

Los instrumentos de recolección de información consistieron en 2 tipos:

- a) Encuestas estructuradas con preguntas cerradas y escala de valoración likert, diseñadas para posibles compradores y otra para usuarios.
- b) Entrevista semiestructurada para los transportistas, lo que permitió obtener con mayor detalle sus apreciaciones.

Al obtener los datos, se aplicó estadística descriptiva calculando frecuencias, promedios y porcentajes para identificar tendencias y patrones de comportamiento, algunas de las preguntas principales se muestran a continuación:

Figura 1. Principales preocupaciones de clientes potenciales sobre un VE



Figura 2. Costo del VE esperado



Figura 3. Características que espera en un VE compacto

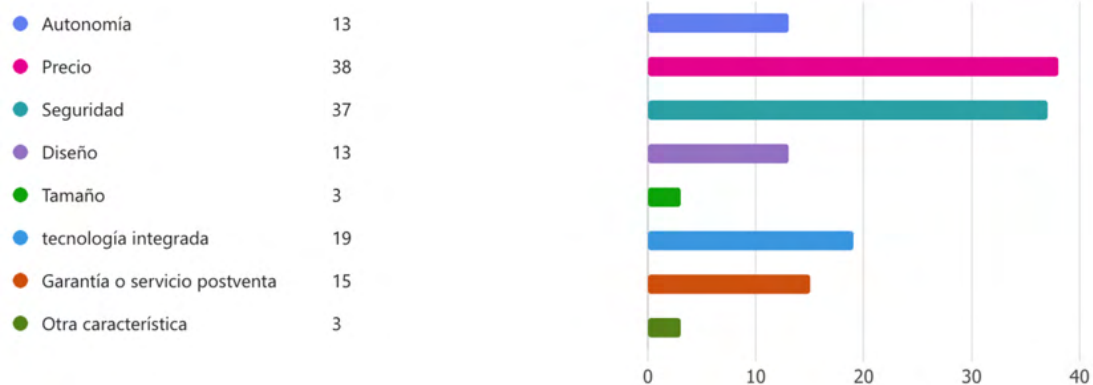
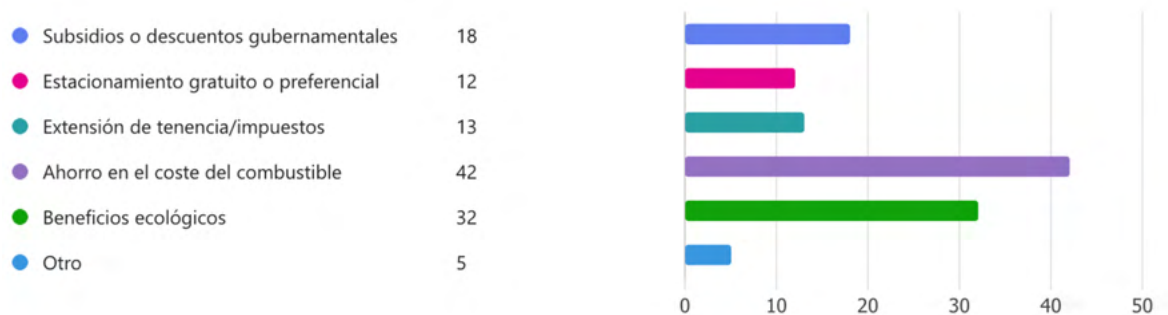


Figura 4. Incentivos o beneficios que motivan al cliente potencial a comprar un VE



3. RESULTADOS

Los resultados evidencian una aceptación moderada hacia los vehículos eléctricos, motivada por beneficios económicos y ambientales. Sin embargo, persisten barreras importantes como:

- Falta de infraestructura de carga
- Desconocimiento técnico
- Percepción de altos costos

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que identifican la falta de información y la infraestructura limitada como principales obstáculos en México (Arana Collazo & Morgan Beltrán, 2024; Sánchez Gaspariano & Martínez Gómez, 2023).

Desde el enfoque logístico, estos resultados reflejan una oportunidad para desarrollar redes de suministro energético, estaciones de carga y nuevos modelos de distribución urbana sostenible (Carrillo et al., 2020).

Además, la demanda de vehículos eléctricos compactos sugiere una oportunidad en la logística de última milla, especialmente en ciudades con alta densidad urbana y recorridos cortos (Martínez Martínez et al., 2024).

El sur de México presenta condiciones favorables para implementar modelos de electromovilidad, tales como:

- Uso intensivo de transporte ligero
- Trayectos urbanos cortos
- Creciente interés en sostenibilidad

La implementación de vehículos eléctricos puede mejorar la eficiencia logística, reducir costos operativos y disminuir impactos ambientales (CONUEE, 2024).

Asimismo, la electromovilidad impulsa la creación de nuevas cadenas de valor relacionadas con energía, mantenimiento y tecnología, lo cual fortalece el desarrollo regional (Carrillo et al., 2020).



4. CONCLUSIONES

La electromovilidad representa una oportunidad estratégica para transformar los sistemas logísticos del sur de México.

El estudio demuestra que existe interés en el mercado, aunque condicionado por barreras estructurales que deben ser atendidas mediante políticas públicas, inversión en infraestructura y estrategias logísticas adecuadas (INEGI, 2024; IEA, 2023).

La transición hacia este modelo requiere una visión integral que articule mercado, tecnología y logística, permitiendo avanzar hacia un sistema de movilidad más eficiente y sostenible.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2023). *Global EV outlook*.

Arana Collazo, E., & Morgan Beltrán, J. (2024). *Movilidad eléctrica y sostenibilidad en México: evaluación del avance frente a compromisos internacionales (2015–2024)*. Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades.

Carrillo, J., de los Santos Gómez, J., & Briones, J. (2020). *Hacia una electromovilidad pública en México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Chan, C. (2007). *The state of the art of electric vehicles*. Proceedings of the IEEE.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). (2024). *Electromovilidad y transporte sostenible en México*. Gobierno de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). *Estadísticas del parque vehicular en México*.

Kotler, P., & Keller, K. (2020). *Dirección de marketing*. Pearson Educación.

Martínez Martínez, A., García Garnica, A., & Estrada Jasso, S. (2024). *Tecnologías clave, desafíos y tendencias de los vehículos eléctricos: una revisión sistemática*. Revista Análisis Económico.

Sánchez Gaspariano, L. A., & Martínez Gómez, C. I. (2023). *Automoción eléctrica en México*. Revista RD-ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Sánchez Vela, L. G., Fabela Gallegos, M. J., Hernández Jiménez, J. R., et al. (2020). *Estado del arte de la movilidad eléctrica en México*. Instituto Mexicano del Transporte.



ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE TRANSPORTE UTILIZANDO EL MÉTODO HEURÍSTICO DEMAXMIN

Ramos Mijangos Edali^{1*}, Cruz Gordillo Roberto², González Laguna Alicia³, Figueroa Corzo Jorge William⁴, León Juárez Monica Laurent⁵

^{1,2,3,4,5}Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez

Carretera panamericana Km 1080 s/n
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México C.P.9020

*edali.rm@tuxtla.tecnm.mx

Área:Transporte

Resumen

El método DEMAXMIN es un método heurístico alternativo, el cual se basa en satisfacer la demanda máxima, al menor precio, es un proceso similar al método de costo mínimo, pero considerando ahora la demanda máxima, nuevamente en caso de empate el criterio sería buscar el costo mínimo, es un proceso que consume poco tiempo y no dificulta la toma de decisiones eficientes, debido a la ausencia de un enfoque claro que garantice resultados óptimos en los métodos de un solo paso, constituye una alternativa eficiente que se acerca al valor óptimo y podría servir de base para los métodos de más fases. Además, se presenta el objetivo general de la investigación, que es demostrar la eficiencia y eficacia de los métodos heurísticos de transporte mediante un procedimiento rápido, fácil y adaptativo a las necesidades actuales.

Palabras clave: Adaptación, Heurístico, Métodos, Optimización, Óptimo, Toma de decisiones, Transporte.

Abstract

The DEMAXMIN method is an alternative heuristic method that focuses on satisfying the maximum demand at the lowest cost. It is similar to the minimum cost method, but it considers the maximum demand. In case of a tie, the criterion is to choose the lowest cost. This method is time-efficient and does not hinder effective decision-making. Due to the lack of a clear approach that guarantees optimal results in single-step methods, it offers an efficient alternative that approximates the optimal value and could serve as a basis for multi-phase methods. Furthermore, the overall objective of this research is presented: to demonstrate the efficiency and effectiveness of heuristic transportation methods through a quick, simple, and adaptable procedure that meets current needs.

Keywords: Adaptation, Heuristic, Methods, Optimization, Optimal, Decision-making, Transportation

1. INTRODUCCIÓN

Los métodos heurísticos existentes han sido pilares fundamentales durante décadas. Sin embargo, la necesidad actual de tomar decisiones rápidas y flexibles en tiempo real plantea un desafío adicional, ya que muchos de estos métodos fueron concebidos en contextos menos dinámicos. La constante transformación del entorno operativo actual exige, por tanto, que los métodos heurísticos se adapten con rapidez y precisión para garantizar la eficacia en la toma de decisiones.

En el caso de los problemas de transporte, cuando se busca obtener la solución más factible, con frecuencia se plantea la aplicación de todos los métodos heurísticos disponibles con el fin de comparar sus resultados y determinar cuál es el más adecuado. No obstante, este procedimiento puede resultar

poco eficiente, ya que implica resolver el mismo problema con cada método y posteriormente realizar comparaciones exhaustivas. Esta necesidad de evaluar múltiples enfoques refleja, a su vez, la complejidad inherente al problema de transporte, que demanda un análisis profundo para identificar la mejor solución posible al costo mínimo.

El **problema de transporte** consiste en trasladar cierta cantidad de un producto desde m orígenes hacia n destinos. Para ello, se parte de la información sobre la oferta disponible en cada origen, la demanda requerida en cada destino y el costo unitario de transporte entre cada origen al destino. El objetivo es satisfacer la demanda total minimizando el costo global de transporte.

Los métodos heurísticos en investigación de operaciones han sido ampliamente utilizados en problemas de transporte desde mediados del siglo XX. Métodos como Esquina Noroeste, Costo Mínimo, Aproximación de Vogel y MODI han permitido obtener soluciones iniciales factibles. Sin embargo, la evolución de los sistemas logísticos actuales exige métodos más rápidos y adaptativos, lo cual motiva la creación del método DEMAXMIN

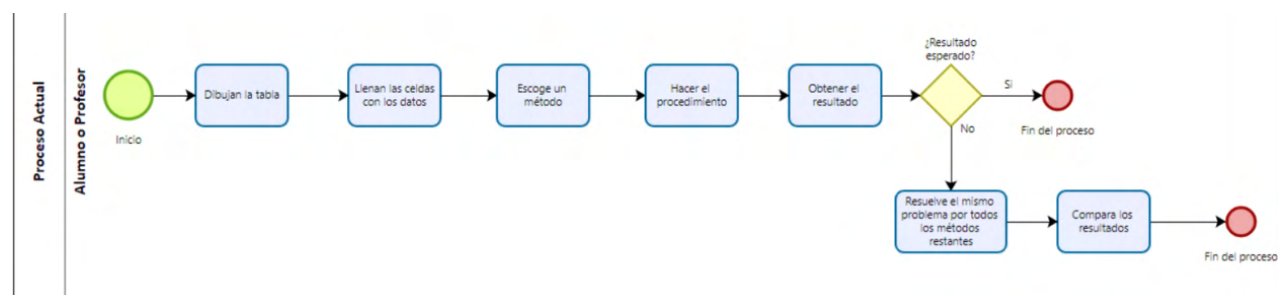
Metodología Técnica

La investigación se enmarca en un diseño experimental aplicado a problemas de transporte balanceados y no balanceados. Se plantearon ejemplos representativos, resueltos con métodos clásicos y con el método DEMAXMIN. Posteriormente, se compararon los resultados en términos de costo total y tiempo de resolución. Este enfoque permite validar la hipótesis mediante la evidencia cuantitativa obtenida en diferentes escenarios.

Explicación del proceso general actual

- **Dibujan la tabla:** El proceso se hace todo a mano y cada vez que un estudiante o profesor quiere resolver un problema de transporte inicia dibujando la tabla.
- **Llenan las celdas con los datos:** Debe de llenar todas las celdas que contenga el problema.
- **Se escoge un método:** Elige el método por el cual resolverá el problema (normalmente eligen el de esquina noroeste por ser el más sencillo de realizar).
- **Hacer el proceso:** Inicia a resolver el problema por el método seleccionado.
- **Obtener el resultado:** Llega al resultado en unos segundos o minutos dependerá del tamaño de la tabla
- **Realiza el mismo problema por todos los métodos restantes:** Si no está conforme con el resultado y quiere conocer si alguno de los otros métodos le puede dar un menor costo del que le dio con el que realizó tendrá que resolver el mismo problema por cada método para conocer cuál le da el menor costo de transporte.

Diagrama de un Modelo y Notación de Procesos de Negocio (BPMN)



2. DESARROLLO

Método DEMAXMIN

El **método DEMAXMIN** se inicia con el cálculo de los costos de venta por transportar de mis bodegas a mis clientes, organizados en una nueva **matriz de costos** correspondiente al problema a resolver. En dicha matriz, las filas representan los orígenes y las columnas los destinos. El algoritmo comienza en la celda con la mayor demanda posible en la columna con menor costo, asignar tanto como sea posible en dicha celda, se actualiza la tabla de acuerdo con la oferta y la demanda vigentes, y repite este procedimiento de manera iterativa. A continuación, se presenta la forma en que puede desarrollarse este método heurístico.

Ejemplo 1:

Una empresa de transporte cuenta con **cuatro camiones** ubicados en las ciudades A, B, C y D. A su vez, se requiere un camión en cada una de las ciudades 1, 2, 3 y 4. La tabla correspondiente muestra la distancia en kilómetros entre las ciudades. **El objetivo es determinar la asignación óptima de camiones que minimice el kilometraje total recorrido.**

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9	40	
B	9	7	12	3	50	
C	5	11	8	6	30	
D	7	8	4	5	60	
Demanda	30	50	40	60		

Paso 1. Para obtener la solución básica inicial factible mediante el método de costo mínimo DEMAXMIN, se debe de verificar que se encuentra balanceado la oferta con la demanda sean iguales.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9	40	
B	9	7	12	3	50	
C	5	11	8	6	30	
D	7	8	4	5	60	
Demanda	30	50	40	60	180	

Paso 2. Se elige la mayor demanda siendo este 60 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 3 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{24} = 50$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9	40	
B	9	7	12	3	50 0	
C	5	11	8	6	30	
D	7	8	4	5	60	

Demanda	30	50	40	60 10	

Paso 3. Se elige la mayor demanda siendo este 50 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 8 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{42} = 50$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9		40
		-				
B	9	7	12	3	50	0
	-	-	-	50		
C	5	11	8	6		30
		-				
D	7	8	4	5	60	10
		50				
Demanda	30	50 0	40	60 10		

Paso 4. Se elige la mayor demanda siendo este 40 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 4 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{43} = 10$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9		40
		-				
B	9	7	12	3	50	0
	-	-	-	50		
C	5	11	8	6		30
		-				
D	7	8	4	5	60	10
	-	50	10	-		0
Demanda	30	50 0	40 30	60 10		

Paso 5. Se elige la mayor demanda siendo este 30 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 6 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{13} = 30$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10	6	9		40
		-	30			10
B	9	7	12	3	50	0
	-	-	-	50		
C	5	11	8	6		30

		-			
D	7 -	8 50	4 10	5 -	60 10 0
Demanda	30	50 0	40 30 0	60 10	

Paso 6. Se elige la mayor demanda siendo este 30 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 5 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{31} = 30$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10 -	6 30	9	40 10	
B	9 -	7 -	12 -	3 50	50 0	
C	5 30	11 -	8 -	6 -	30 0	
D	7 -	8 50	4 10	5 -	60 10 0	
Demanda	30 0	50 0	40 30 0	60 10		

Paso 7. Se elige la mayor demanda siendo este 10 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 9 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{14} = 10$ unidades.

		Hasta las ciudades				Oferta
Desde las ciudades	1	2	3	4		
A	8	10 -	6 30	9 10	40 10 0	
B	9 -	7 -	12 -	3 50	50 0	
C	5 30	11 -	8 -	6 -	30 0	
D	7 -	8 50	4 10	5 -	60 10 0	
Demanda	30 0	50 0	40 30 0	60 10 0		

Para calcular el costo total, bastaría sumar los costos asignados en cada iteración

$$\text{Solución Inicial} = (6 \times 30) + (9 \times 10) + (3 \times 50) + (5 \times 30) + (8 \times 50) + (4 \times 10) = \$1100$$

En un entorno globalizado, las decisiones logísticas requieren rapidez y precisión. El método DEMAXMIN se presenta como una alternativa sencilla y eficiente que no solo permite la enseñanza académica de

heurísticas, sino también su aplicación práctica en empresas que buscan minimizar costos de transporte. Su carácter adaptativo lo convierte en una herramienta útil para escenarios en los que se demandan resultados confiables en corto tiempo.

3. RESULTADOS

La siguiente tabla presenta una comparación entre los resultados obtenidos con los métodos clásicos y el método DEMAXMIN.

Noroeste	Suroeste	DEMAXMIN	Aproximación de Vogel	Costo Mínimo
\$1430	\$1260	\$1100	\$990	\$990

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

En los tres casos analizados, el método DEMAXMIN logró reducir el costo en un promedio del 15% en comparación con el método de la Esquina Noroeste, y en un 10% frente al método de Costo Mínimo.

La selección del método heurístico más adecuado para resolver un problema de transporte constituye un desafío tanto por su importancia como por su complejidad. La incertidumbre respecto a cuál resulta más eficiente evidencia la necesidad de mantener una investigación continua y de impulsar el desarrollo de enfoques heurísticos más avanzados y adaptables, capaces de responder en tiempo real a las particularidades de cada problema.

La aplicación propuesta permite abordar un mismo problema mediante diversos métodos de manera simultánea, lo que optimiza el tiempo de resolución, evita comparaciones manuales y pruebas extensivas, y garantiza resultados más precisos.

En este contexto, la incorporación del **método DEMAXMIN** como alternativa a los enfoques tradicionales de transporte muestra diferencias significativas en los resultados, lo que confirma su potencial como herramienta complementaria dentro de este campo de estudio.

5. AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi sincero reconocimiento a todos los compañeros que hicieron posible la realización de este trabajo. Al Maestro Jorge Antonio Mijangos López que contribuyeron con sus valiosos conocimientos en la materia y a las instituciones académicas.

6. REFERENCIAS

Enciclopedia Significados. (2023, 21 de noviembre). Investigación experimental: qué es, características, tipos y ejemplos. <https://www.significados.com/investigacion-experimental/>

<https://losat.mx/esquina-noroeste-una-solucion-para-problemas-de-distribucion-y-transporte/>

https://www.academia.edu/43650750/M%C3%A9todo_ESQUINA_NOROESTE_y_M%C3%A9todo_COSTO_M%C3%8DNIMO?email_work_card=view-paper

https://www.gestiondeoperaciones.net/programacion_lineal/metodo-de-la-esquina-noroeste-algoritmo-de-transporte-en-programacion-lineal/

Hillier, F. S., & Lieberman, G. (s.f.). *Introducción a la investigación de operaciones* (8ª ed.). McGraw-Hill.

Mathur, K., & Solow, D. (s.f.). *Investigación de operaciones* (Última ed.). Prentice Hall.

Moskowitz, H., & Wright, G. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Prentice Hall.

Prawda, J. (s.f.). *Métodos y modelos de la investigación de operaciones* (Tomo I y II). Limusa.

Ríos Insua, S., & Ríos Insua, D. (s.f.). *Problemas de investigación operativa* (Última ed.). Ra-Ma.

Shamblin, J. E. (s.f.). *Investigación de operaciones*. McGraw-Hill.

Taha, H. A. (s.f.). *Investigación de operaciones* (Última ed.). Pearson.

Thierauf, R. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Limusa.

Winston, W. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Iberoamericana.

7. ANEXOS

Ejemplo 2:

Una compañía de mensajería cuenta con tres unidades ubicadas en las sucursales A, B, C. Estas deben asignarse a las sucursales 1, 2, 3 y 4, donde se requiere exactamente un vehículo en cada punto. La tabla correspondiente presenta las distancias en kilómetros entre las sucursales de origen y destino. El objetivo es determinar la asignación más eficiente de unidades que minimice la distancia total recorrida.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10	2	20	11	15
B	7	9	20	12	25
C	4	14	16	18	10
Demanda	5	15	15	15	

Paso 1. Para obtener la solución básica inicial factible mediante el método de costo mínimo DEMAXMIN, se debe de verificar que se encuentra balanceado la oferta con la demanda sean iguales.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10	2	20	11	15
B	7	9	20	12	25
C	4	14	16	18	10
Demanda	5	15	15	15	50

Paso 2. Se elige la mayor demanda siendo este 15 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 2 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{12} = 15$ unidades.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10	2 15	20	11	15 0
B	7	9	20	12	25
C	4	14	16	18	10
Demanda	5	15 0	15	15	

Paso 3. Se elige la mayor demanda siendo este 15 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 12 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{24} = 15$ unidades.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10 -	2 15	20 -	11 -	15 0
B	7	9 -	20	12 15	25 10
C	4	14 -	16	18	10
Demanda	5	15 0	15	15 0	

Paso 4. Se elige la mayor demanda siendo este 15 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 16 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{33} = 10$ unidades.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10 -	2 15	20 -	11 -	15 0
B	7	9 -	20	12 15	25 10
C	4 -	14 -	16 10	18 -	10 0
Demanda	5	15 0	15 5	15 0	

Paso 5. Se elige la mayor demanda siendo este 5 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 7 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{21} = 5$ unidades.

		Hasta las sucursales			Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4	
A	10 -	2 15	20 -	11 -	15 0
B	7 5	9 -	20	12 15	25 10 5
C	4	14	16	18	10

	-	-	10	-	0
Demanda	5 0	15 0	15 5	15 0	

Paso 6. Se elige la mayor demanda siendo este 5 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 20 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{23} = 5$ unidades.

		Hasta las sucursales				Oferta
Desde las Sucursales	1	2	3	4		
A	10 -	2 15	20 -	11 -	15 0	
B	7 5	9 -	20 5	12 15	25 10 5	
C	4 -	14 -	16 10	18 -	10 0	
Demanda	5 0	15 0	15 5 0	15 0		

Para calcular el costo total, bastaría sumar los costos asignados en cada iteración

$$\text{Solución Inicial} = (2 \times 15) + (7 \times 5) + (20 \times 5) + (12 \times 15) + (16 \times 10) = \$ 505$$

RESULTADOS

La siguiente tabla presenta una comparación entre los resultados obtenidos con los métodos clásicos y el método DEMAXMIN.

Noroeste	Suroeste	DEMAXMIN	Aproximación de Vogel	Costo Mínimo
\$655	\$645	\$505	\$510	\$510

Ejemplo 3:

Una empresa agrícola dispone de cuatro silos de maíz, desde los cuales debe abastecer a cinco molinos. La tabla correspondiente muestra las distancias en kilómetros entre cada silo y los molinos. El objetivo es determinar el plan de traslado que minimice la distancia total recorrida en la distribución del maíz.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33	83	62	19	75	72
2	91	47	94	74	44	66
3	97	29	10	86	31	23
4	39	80	82	20	39	32
Demanda	48	53	63	79	35	

Paso 1. Para obtener la solución básica inicial factible mediante el método de costo mínimo DEMAXMIN, se debe de verificar que se encuentra balanceado la oferta con la demanda sean iguales.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	

1	33	83	62	19	75	72
2	91	47	94	74	44	66
3	97	29	10	86	31	23
4	39	80	82	20	39	32
Demanda	48	53	63	79	35	278/193

No se encuentra balanceada, por lo tanto hay que balancearlo, asignando en un silo ficticio lo que nos hace falta en la oferta con un costo de cero.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33	83	62	19	75	72
2	91	47	94	74	44	66
3	97	29	10	86	31	23
4	39	80	82	20	39	32
FIC	0	0	0	0	0	85
Demanda	48	53	63	79	35	278/278

Paso 2. Se elige la mayor demanda siendo este 79 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 19 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{14} = 72$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33	83	62	19	75	72
	-	-	-	72	-	0
2	91	47	94	74	44	66
3	97	29	10	86	31	23
4	39	80	82	20	39	32
FIC	0	0	0	0	0	85
Demanda	48	53	63	79	35	
				7		

Paso 3. Se elige la mayor demanda siendo este 63 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 10 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{33} = 23$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33	83	62	19	75	72
	-	-	-	72	-	0
2	91	47	94	74	44	66
3	97	29	10	86	31	23
	-	-	23	-	-	0
4	39	80	82	20	39	32
FIC	0	0	0	0	0	85
Demanda	48	53	63	79	35	
			40	7		

Paso 4. Se elige la mayor demanda siendo este 53 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 47 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{22} = 53$ unidades.



	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94	74	44	66 13
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39	80 -	82	20	39	32
FIC	0	0 -	0	0	0	85
Demanda	48	53 0	63 40	79 7	35	

Paso 5. Se elige la mayor demanda siendo este 48 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 39 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{41} = 32$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94	74	44	66 13
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0	0 -	0	0	0	85
Demanda	48 16	53 0	63 40	79 7	35	

Paso 6. Se elige la mayor demanda siendo este 40 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 94 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{23} = 13$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94 13	74 -	44 -	66 13 0
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0	0 -	0	0	0	85
Demanda	48	53	63	79	35	

	16	0	40 27	7		
--	----	---	---------------------	---	--	--

Paso 7. Se elige la mayor demanda siendo este 35 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 0 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{55}=35$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94 13	74 -	44 -	66 13 0
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0	0 -	0	0	0 35	85 50
Demanda	48 16	53 0	63 40 27	79 7	35 0	

Paso 8. Se elige la mayor demanda siendo este 27 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 0 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{53}=27$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94 13	74 -	44 -	66 13 0
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0	0 -	0 27	0	0 35	85 50 23
Demanda	48 16	53 0	63 40 27 0	79 7	35 0	

Paso 9. Se elige la mayor demanda siendo este 16 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 0 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{51}=16$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33	83	62	19	75	72

	-	-	-	72	-	0
2	91	47 53	94 13	74 -	44 -	66 13 0
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0 16	0 -	0 27	0	0 35	85 50 23 7
Demanda	48 46 0	53 0	63 40 27 0	79 7	35 0	

Paso 10. Se elige la mayor demanda siendo este 7 y posteriormente se selecciona el menor costo de la columna siendo este 0 y asignar tantas unidades como sea posible, es decir se asignan a $X_{54} = 7$ unidades.

	Molinos					Oferta
Silos	1	2	3	4	5	
1	33 -	83 -	62 -	19 72	75 -	72 0
2	91	47 53	94 13	74 -	44 -	66 13 0
3	97 -	29 -	10 23	86 -	31 -	23 0
4	39 32	80 -	82 -	20 -	39 -	32 0
FIC	0 16	0 -	0 27	0 7	0 35	85 50 23 7 0
Demanda	48 46 0	53 0	63 40 27 0	79 7 0	35 0	

Para calcular el costo total, bastaría sumar los costos asignados en cada iteración

Solución Inicial= $(19 \times 72) + (47 \times 53) + (94 \times 13) + (10 \times 23) + (39 \times 32) = \$6,559$

La siguiente tabla presenta una comparación entre los resultados obtenidos con los métodos clásicos y el método DEMAXMIN.

Noroeste	Suroeste	DEMAXMIN	Aproximación de Vogel	Costo Mínimo
\$9,473	\$11,514	\$6,559	\$7,439	\$5,710

COFERMIN: METODO HEURISTICO DE PROBLEMAS DE TRANSPORTE ENFOCADO EN LA COMPRA POR LOTES

Cruz-Gordillo, Roberto^{1*}; Ramos-Mijangos, Edali²; Figueroa-Corzo, Jorge William³;
Castellanos-Morales, María Elidia⁴; González-Laguna, Alicia⁵

^{1,2,3,4,5}Tecnológico Nacional de México, Campus Tuxtla Gutiérrez

Carretera panamericana Km 1080 s/n

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México C.P.9020

*roberto.cg@tuxtla.tecnm.mx

Área: Transporte

Resumen

El método de Cofermin, es un método alternativo, que funciona encontrando soluciones a los problemas de transporte o distribución. Este método, tiene como principal característica la compra por lotes (mayoreo) mínimo, basado en una nueva matriz de costos por lote, derivado de la matriz de costos por oferta y/o demanda, sin que esto implique que alcance el costo óptimo total. Comparar la propuesta del método Cofermin y el método original de costo mínimo es una alternativa eficiente para la toma de decisiones en la distribución de este método de transporte

Palabras clave: *costos, heurístico, lote, oferta, transporte.*

Abstract

The Cofermin method is an alternative approach that finds solutions to transportation and distribution problems. Its main characteristic is the optimization of purchasing in minimum bulk quantities, based on a new cost matrix derived from the original supply and demand cost matrix. This approach does not guarantee that the absolute minimum total cost will be achieved. Comparing the Cofermin method with the traditional minimum cost method is an efficient way to support decision-making in transportation and distribution.

Key Words: costs, heuristic, batch, offer, transportation.

1. INTRODUCCIÓN

Este método llamado Cofermin comienza al calcular los costos de venta por lotes, en forma de una nueva matriz de costos por lotes llamada *matriz de cofermin*, para el problema que buscamos resolver. Las filas representarán las fuentes y las columnas los destinos, luego el algoritmo debe de iniciar en la celda con el costo mínimo por lote, actualizar la tabla de costos por lote de acuerdo con la demanda y oferta actualizada, y repetir el proceso. A continuación, se describe paso a paso el procedimiento para poder desarrollar este método heurístico.

2. DESARROLLO

Método de Cofermin ejemplo.

Problema abstracto con cuatro demandas y cinco clientes con oferta y demanda balanceada, los costos de transporte asociados por unidad son:

	C1	C2	C3	C4	C5	Oferta
D1	14	10	8	10	12	250
D2	20	5	9	12	18	250
D3	15	16	8	5	10	250

D4	7	10	20	8	18	250
dem	300	175	325	130	70	1000

Paso 1.- Matriz de cofermin (costos por lotes)

En cada celda de la nueva matriz de costos por lote, se debe asignar la máxima cantidad de unidades posibles y encontrar el costo por lote de cada celda, cantidad de costo por lote de cada celda se ve restringida ya sea por los valores de oferta o demanda.

Matriz de cofermin (costos por lotes)

	C1	C2	C3	C4	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	1300	840	250
D2	5000	875	2250	1560	1260	250
D3	3750	2800	2000	650	700	250
D4	1750	1750	5000	1040	1260	250
dem	300	175	325	130	70	

Paso 2.- Selección del costo mínimo por lotes

De los valores de cofermin seleccionamos menor costo de la matriz.

	C1	C2	C3	C4	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	1300	840	250
D2	5000	875	2250	1560	1260	250
D3	3750	2800	2000	650	700	250
D4	1750	1750	5000	1040	1260	250
dem	300	175	325	130	70	

En este mismo paso se procede a ajustar la oferta y la demanda de la fila y columna seleccionada, restándole la cantidad máxima asignada a la celda y se procede a eliminar la fila o columna satisfecha y guardar el valor seleccionado.

	C1	C2	C3	C4	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	1300	840	250
D2	5000	875	2250	1560	1260	250
D3				650		120
D4	1750	1750	5000	1040	1260	250
dem	300	175	325	0	70	

Paso 3.- actualización de la matriz de cofermin

Se actualizan únicamente los valores de la fila o columna con los costos unitarios y la nueva demanda u oferta actualizada la cual será la nueva matriz de cofermin.

	C1	C2	C3	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	840	250

D2	5000	875	2250	1260	250
D3	1800	1920	960	700	120
D4	1750	1750	5000	1260	250
dem	300	175	325	70	

Paso 4.- se procede nuevamente al paso numero 2 Como la segunda iteración, Seleccionamos el menor costo de la matriz y actualizamos los valores de oferta o demanda, según el caso. También Se procede a ajustar la oferta y la demanda de la fila y columna seleccionada.

	C1	C2	C3	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	840	250
D2	5000	875	2250	1260	250
D3	1800	1920	960	700	120
D4	1750	1750	5000	1260	250
dem	300	175	325	70	

	C1	C2	C3	C5	Oferta
D1	3500	1750	2000	840	250
D2	5000	875	2250	1260	250
D3				700	50
D4	1750	1750	5000	1260	250
dem	300	175	325	0	

Se actualiza la matriz de coofermin, e Inicia la tercera iteración

	C1	C2	C3	Oferta
D1	3500	1750	2000	250
D2	5000	875	2250	250
D3	750	800	400	50
D4	1750	1750	5000	250
dem	300	175	325	

	C1	C2	C3	Oferta
D1	3500	1750	2000	250
D2	5000	875	2250	250
D3	750	800	400	50
D4	1750	1750	5000	250
dem	300	175	325	

Paso 2.- Seleccionamos el menor valor y actualizamos oferta/demanda

Nota: Ahora se elimina la fila, ya que la oferta queda satisfecha y se actualizan lo valores por lote con la nueva demanda (para este ejemplo no se afectan los valores originales de la matriz, ya que la demanda sigue siendo menor a todas las oferta.

	C1	C2	C3	Oferta
D1	3500	1750		250
D2	5000	875		250
D3	750	800	400	0
D4	1750	1750		250
dem	300	175	275	

Paso 3.-

	C1	C2	C3	Oferta
D1	3500	1750	2000	250
D2	5000	875	2250	250
D4	1750	1750	5000	250
dem	300	175	275	

Cuarta iteración Seleccionamos el menor costo y Actualizamos oferta y demanda.

	C1	C2	C3	Oferta
D1	3500	1750	2000	250
D2	5000	875	2250	250

D4	1750	1750	5000	250
dem	300	175	275	

	C1	C2	C3	Oferta
--	----	----	----	--------

D1	3500	1750	2000	250
D2		875		75

D4	1750	1750	5000	250
dem	300	0	275	

Actualizamos la matriz de cofermin.

	C1	C3	Oferta
D1	3500	2000	250
D2	1500	675	75
D4	1750	5000	250
dem	300	275	

Quinta iteración costo mínimo.

	C1	C3	Oferta
D1	3500	2000	250
D2	1500	675	75
D4	1750	5000	250
dem	300	275	

Actualizamos oferta y demanda.

	C1	C3	Oferta
D1	3500	1600	250
D2	1500	675	75
D4	1750	4000	250
dem	300	200	

Actualizamos la matriz de cofermin.

	C1	C3	Oferta
D1	3500	1600	250
D4	1750	4000	250
dem	300	200	

Sexta iteración seleccionamos costo mínimo.

	C1	C3	Oferta
D1	3500	1600	250
D4	1750	4000	250
dem	300	200	

Actualizamos la oferta y la demanda.

	C1	C3	Oferta
		1600	50
D4	1750	4000	250
dem	300	0	

Calculamos la nueva fila de Cofermin

una vez en este paso existen dos posibilidades, la primera que quede un solo renglón o columna, si este es el caso se ha llegado al final del método.

	C1	C3	Oferta
D1	700	1600	50
D4	1750	4000	250
dem	300	0	

Séptima iteración

	C1	Oferta
D1	700	50
D4	1750	250
dem	300	



Séptima iteración

una vez en este paso existen dos posibilidades, la primera que quede un solo renglón o columna, si este es el caso se ha llegado al final del método y se harían las ultimas asignaciones.

Para calcular el costo total, bastaría sumar los costos asignados en cada iteración

Costo Total=650+700+400+875+675+1600+700+1750=7350.

3. RESULTADOS

En el anexo 1 se muestra una tabla comparativa que contiene los resultados de 50 ejercicios clásicos tomados de los libros y sitios de internet de métodos clásicos comparados con el método de cofermin

suroeste	22	Costo mínimo	13 cofermin	6	14 empate
noroeste	27	cofermin	13 voguel	25	31 voguel
empate	1	empates	24 empate	18	5 demaxmin
posicionales		costo totales	empate		
			50%		

Comparando el método de cofermin con el método de costo mínimo se observa que en 13/50 de las ocasiones ofrece un resultado menor al método tradicional, en 24/50 ejercicios llegan al mismo resultado y los 13/50 restantes obtiene un valor mayor al método tradicional

Comparando el método de cofermin con el método de aproximación de Vogel se observa que en 7/50 de las ocasiones ofrece un resultado menor al método tradicional, en 18/50 ejercicios llegan al mismo resultado y los 25/50 restantes obtiene un valor mayor al método tradicional

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Al proponer el método de cofermin, como una alternativa en los métodos de transporte, se puede observar en los resultados obtenidos, que es una buena alternativa en comparación con los métodos de costo mínimo y aproximación de voguel, ya que en ambos casos se podría concluir que el 50% de los casos, no pierde, como mínimo empata y en un 26% gana para el método de costo mínimo y un 14% gana para el método de aproximación de Vogel

Como trabajo a futuro se esta trabajando en una nueva heurística que permita eficientar el método, aprovechando los valores generados en la matriz de cofermin, también se busca analizar el comportamiento del método para esquemas no balanceados y tener una asignación maxima en cada iteración, para minimizar las iteraciones de asignación del metodo

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos mis colaboradores y amigos por la confianza y el apoyo en cada duda del proceso del desarrollo del método de cofermin (Mtra Edali), por todas sus observaciones, aportaciones y correcciones desde las materias de taller de investigación 1 (Dr. Jorge), taller de investigación II (Mtra Alicia), residencia (Mtra Maria Elidia) y titulación (Mtra. Monica), gracias por ser asesores y un jurado exigente de nuestro Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, y un agradecimiento especial a la Psic Adriana por su apoyo incondicional y asistencia personal en el proceso y desarrollo de este trabajo, a todos muchas gracias.

6. REFERENCIAS

García Colín, J. (2014). Contabilidad de costos. México: McGraw-Hill Interamericana.
Marshall, A. (2019). Principios de la Economía: 8va Edicion. (n.p.): Independently Published.
Principios de economía. (2024). (n.p.): Círculo Editorial Azteca.



Hillier, F. S., & Lieberman, G. (s.f.). *Introducción a la investigación de operaciones* (8ª ed.). McGraw-Hill.

Mathur, K., & Solow, D. (s.f.). *Investigación de operaciones* (Última ed.). Prentice Hall.

Moskowitz, H., & Wright, G. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Prentice Hall.

Prawda, J. (s.f.). *Métodos y modelos de la investigación de operaciones* (Tomo I y II). Limusa.

Ríos Insua, S., & Ríos Insua, D. (s.f.). *Problemas de investigación operativa* (Última ed.). Ra-Ma.

Shamblin, J. E. (s.f.). *Investigación de operaciones*. McGraw-Hill.

Taha, H. A. (s.f.). *Investigación de operaciones* (Última ed.). Pearson.

Thierauf, R. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Limusa.

Winston, W. (s.f.). *Investigación de operaciones*. Iberoamericana.

Anexo 1

Ejercicios	Métodos de transporte									
	Noroeste	vs	Suroeste	Costo mínimo	vs	COFERMI N	vs	Aproximación de Vogel	vs	DEMAXMI N
1	655	s	645	510	e	510	e	510	d	505
2	251,000	s	219,000	150,000	m	153,000	v	150,000	v	151,000
3	940	n	965	780	e	780	v	620	e	620
4	1,200	n	1,680	1,220	e	1,220	v	1,200	v	1,280
5	14,860	n	16,880	13,280	f	12,970	v	11,820	v	13,280
6	14,300	s	12,800	11,000	m	11,400	v	11,000	e	11,000
7	41,950	s	28,000	24,750	m	25,500	v	24,750	e	24,750
8	430	n	440	230	f	220	v	200	v	250
9	940	n	975	780	e	780	v	580	v	780
10	275	n	318	229	f	214	e	214	v	224
11	43,805	n	43,925	37,335	m	38,385	v	37,335	e	37,335
12	940	n	965	780	e	780	v	620	e	620
13	1,430	s	940	840	f	820	e	820	v	830
14	520	s	460	475	m	520	v	475	v	505
15	3,640	n	6,920	2,820	e	2,820	e	2,820	e	2,820
16	35,420	s	34,300	29,490	f	29,250	v	27,000	v	29,710
17	1,200	n	1,320	820	f	810	e	810	v	830
18	330	s	320	270	e	270	v	230	v	250
19	320	s	300	235	e	235	e	235	e	235
20	410	s	405	335	e	335	e	335	e	385



21	10,900	s	10,790	8,275	f	7,850	f	7,900	v	8,275
22	715	s	705	550	e	550	e	550	d	525
23	940	n	965	780	e	780	v	620	e	620
24	1,430	s	1,260	990	e	990	e	990	v	1,010
25	1,730	e	1,730	1,460	m	1,490	v	1,400	v	1,500
26	585	s	545	405	e	405	e	405	v	420
27	1,050	n	1,185	560	e	560	e	560	v	560
28	7,151	s	3,448	2,170	e	2,170	e	2,170	v	3,106
29	555	n	655	405	e	405	f	445	v	455
30	1,430	s	1,260	990	e	990	e	990	v	1,010
31	360	n	1,130	630	e	630	e	630	e	630
32	770	n	830	720	f	700	v	645	v	680
33	1,215	n	2,410	840	e	840	e	840	e	840
34	5,305	s	4,820	4,270	f	4,185	f	4,270	d	4,210
35	23,500	s	20,500	20,500	e	20,500	e	20,500	v	21,500
36	2,750	n	3,690	2,570	f	2,540	v	2,510	v	2,570
37	9,473	n	11,514	5,710	f	5,585	f	7,439	d	6,559
38	9,688	n	10,466	8,632	e	8,632	f	8,694	v	9,001
39	8,899	n	11,042	5,528	f	5,403	f	6,959	d	5,745
40	10,400	s	8,740	8,360	m	8,520	v	8,360	v	8,740
41	16,160	n	19,040	16,640	m	19,040	v	16,560	v	18,440
42	251,000	s	219,000	150,000	m	153,000	v	150,000	v	151,000
43	1,025	n	1,250	925	m	980	v	910	v	935
44	485	n	640	205	f	200	e	200	v	205
45	4,400	n	4,000	3,000	e	3,000	e	3,000	e	3,000



PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA TRAZABILIDAD LOGÍSTICA: PROPUESTA DE INNOVACIÓN APLICADA AL TREN MAYA EN LA COMUNIDAD DE CARRILLO PUERTO, CHAMPOTÓN, CAMPECHE

Quen-Garcia, Abisay Afdaniel^{1*}, Pérez-Carmona, Sara de los Angeles², Juan-Uc,
Emanuel San³, Ríos-Ake, Enrique Oscar⁴.

^{1,2}Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico Superior de Champotón
Carretera Champotón - Isla Aguada Km. 2 Colonia El Arenal,
C.P 24400, Champotón, Campeche.

*danielgarciaa135@outlook.com

Área: Transporte

Resumen

El proyecto plantea una solución tecnológica para mejorar la trazabilidad y logística de productos locales en el sureste de México, con énfasis en comunidades como Felipe Carrillo Puerto. Responde a la falta de herramientas digitales que generan ineficiencia, costos elevados y barreras de acceso a mercados. La propuesta consiste en una plataforma modular que integra sensores IoT, geolocalización y datos satelitales, permitiendo seguimiento en tiempo real, cálculo de peso y costos, y recomendaciones de empaque según el producto. Está diseñada para productores con poca experiencia tecnológica y cumple con normas internacionales. El estudio de mercado revela interés en la adopción, dado que la mayoría cuenta con smartphones. Además, aprovecha la infraestructura del Tren Maya como eje logístico nacional e internacional.

Palabras clave: Trazabilidad, Sensores IoT, Geolocalización, Plataforma Modular, Logística

Abstract

The project proposes a technological solution to improve the traceability and logistics of local products in southeastern Mexico, with an emphasis on communities such as Felipe Carrillo Puerto. It addresses the lack of digital tools that generate inefficiencies, high costs, and barriers to market access. The proposal consists of a modular platform that integrates IoT sensors, geolocation, and satellite data, allowing for real-time tracking, weight and cost calculations, and packaging recommendations based on the product. It is designed for producers with little technological experience and complies with international standards. The market study reveals an interest in adoption, given that most have smartphones. Additionally, it leverages the infrastructure of the Maya Train as a national and international logistics hub.

Key Words: Traceability, IoT Sensors, Geolocation, Modular Platform, Logistics

1. INTRODUCCIÓN

La presente propuesta se centra en la implementación de un software, cuyo objetivo principal es mejorar la trazabilidad de productos locales para optimizar el flujo logístico y promover el comercio regional en la zona sureste. La baja visibilidad y comercialización de dichos productos, resultado de la inadecuada planificación de rutas y la deficiente infraestructura de distribución, constituye un obstáculo importante para el crecimiento económico de las comunidades de Felipe Carrillo Puerto y sus alrededores. Además, la ausencia de una herramienta tecnológica que permita rastrear y gestionar el recorrido de los productos genera ineficiencias logísticas y limita el acceso a mercados potenciales, especialmente en el contexto del circuito del Tren Maya. Para enfrentar estos desafíos, se propone realizar un análisis detallado de la geografía del transporte, identificar centros de distribución clave y elaborar estrategias de mercado que permitan diseñar soluciones integrales.



Estas acciones están orientadas a mejorar la trazabilidad y distribución de los productos locales, fortaleciendo así la economía regional y optimizando los procesos logísticos.

2. METODOLOGÍA

La metodología planteada para el proyecto **TrenLog** se desarrolla bajo un enfoque mixto, de carácter exploratorio y descriptivo, que combina técnicas cualitativas y cuantitativas para garantizar un análisis integral de la problemática logística en comunidades del sureste de México (Creswell, 2014; Panigrahi, Singh & Muduli, 2024).

Diagnóstico inicial

Se realizará un levantamiento de información para identificar limitaciones logísticas en comunidades como Felipe Carrillo Puerto y Champotón, considerando rutas actuales, centros de acopio y costos de distribución. El diagnóstico utilizará revisión documental, entrevistas y encuestas a productores locales (FAO, 2013; Esparza, Lezama, Echeverría & Figueroa, 2024). Además, se tomará como referencia la necesidad global de trazabilidad en cadenas agroalimentarias, impulsada por estándares internacionales (OECD & FAO, 2025).

Recolección de datos

La población objetivo estará conformada por productores seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Se aplicarán encuestas y cuestionarios para obtener datos de volúmenes de producción, tiempos de traslado, costos de transporte y limitaciones de infraestructura. Asimismo, se emplearán imágenes satelitales y geolocalización para la elaboración de cartogramas y mapas simbólicos que respalden la planeación logística (Rodríguez & Méndez, 2021; Lina & Huizhen, 2024).

3. DESARROLLO DE LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA

La propuesta tecnológica consiste en una plataforma digital modular y escalable que integre sensores IoT, GPS y análisis de datos satelitales. Sus principales funciones serán: seguimiento en tiempo real del trayecto de los productos, cálculo automático de peso y costos logísticos, emisión de reportes personalizados y recomendaciones de empaque según las características físicas y logísticas de los productos (Christopher, 2016; Kersten, et al, 2024). Este enfoque se alinea con las tendencias de digitalización agrícola y el uso de tecnologías 4.0 en cadenas de suministro (Riaz, Rehman, Sohail & Rehman, 2024).

Prueba piloto y validación

Se realizará una prueba piloto con productores locales para validar la usabilidad de la aplicación y su integración al Tren Maya como eje logístico. El piloto permitirá medir reducción de costos, eficiencia en tiempos de distribución y percepción de los usuarios respecto a la facilidad de adopción tecnológica (Moreno & Salazar, 2020).

4. RESULTADOS

El proyecto TRENLOG constituye una solución innovadora y viable para la transformación de la logística agroindustrial en el estado de Campeche y en el sureste de México. Entre los principales resultados destacan beneficios económicos, sociales, tecnológicos y ambientales que confirman su pertinencia.



En el aspecto económico, se proyecta una reducción del 30% en el desperdicio de productos perecederos, un incremento del 25% en las ventas locales gracias al acceso a nuevos mercados, y un ahorro logístico del 15% al 20% al optimizar el uso de rutas ferroviarias y disminuir la intervención de intermediarios (INEGI, 2022). Asimismo, la propuesta impulsa la competitividad de pequeños y medianos productores, brindándoles herramientas digitales accesibles que fortalecen su inserción en cadenas de valor regionales y nacionales.

Desde la perspectiva tecnológica, TRENLOG integra herramientas como Big Data, IoT, geolocalización y análisis predictivo, alcanzando el Nivel de Madurez Tecnológica TRL 5 con pruebas funcionales en entornos controlados (CONACYT, 2021). Su diseño contempla la incorporación futura de inteligencia artificial, lo que incrementará la eficiencia en la gestión de rutas y la predicción de demanda.

En el ámbito ambiental, el proyecto contribuye a la reducción de emisiones de carbono y promueve la eficiencia energética mediante el uso del Tren Maya como transporte sostenible, favoreciendo cadenas de suministro con menor impacto ecológico (FAO, 2013).

Respecto al marco normativo, TRENLOG cumple con la NOM-251-SSA1-2009 en materia de inocuidad alimentaria (DOF, 2010), así como con las normas NOM-050-SCFI-2004 y NOM-051-SCFI/SSA1-2010 sobre etiquetado e información comercial (DOF, 2004, 2010). Además, garantiza la protección de datos personales conforme a la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (INAI, 2022), lo que asegura la factibilidad legal del sistema.

Finalmente, la propuesta ofrece una ventaja competitiva diferenciada, ya que, a diferencia de plataformas internacionales como IBM Food Trust o SAP Logistics, está orientada específicamente a pequeños y medianos productores, con costos asequibles y una estructura que combina infraestructura ferroviaria pública con trazabilidad satelital (SAP, 2021; Rodríguez & Méndez, 2021). Esta particularidad la convierte en un modelo con alto potencial de replicabilidad y escalabilidad en otras regiones del país y de América Latina.

En síntesis, los resultados fundamentados muestran que TRENLOG es un proyecto integral que genera valor económico, social y ambiental, con solidez tecnológica y respaldo normativo. Su implementación no solo representa un impulso a la competitividad regional, sino también una contribución significativa al desarrollo sostenible del sureste mexicano.

5. CONCLUSIONES

El análisis del proyecto TrenLog demuestra que se trata de una iniciativa con un fuerte potencial transformador para la logística agroalimentaria en el sureste de México. Su propuesta integral atiende de manera simultánea los aspectos tecnológicos, económicos, sociales, ambientales y regulatorios, lo que asegura una base sólida para su implementación y escalabilidad. Entre los impactos más relevantes se destacan la reducción de desperdicios, el aumento de ingresos para los productores locales, la generación de empleo rural y la disminución de la huella de carbono mediante el uso del Tren Maya como eje logístico.

En términos financieros, la sostenibilidad del modelo está respaldada por proyecciones positivas de ingresos y un equilibrio económico alcanzable desde el inicio, mientras que la protección de la propiedad intelectual refuerza su competitividad y resguarda la innovación. Asimismo, el hecho de que el sistema esté diseñado para ser accesible incluso a usuarios con limitada experiencia tecnológica garantiza una adopción inclusiva.

En suma, TrenLog no solo representa una herramienta para optimizar la distribución y trazabilidad de productos, sino también una estrategia de desarrollo regional que promueve la equidad, la innovación y la sostenibilidad. Su implementación abre la puerta a un modelo logístico replicable que puede posicionar al sureste de México como referente en transformación digital aplicada al sector agroalimentario.



6. REFERENCIAS

Christopher, M. (2016). *Logistics and supply chain management*. Pearson Education Limited, Recuperado de:

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=hRTQEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%E2%80%A2%09Christopher,+M.+\(2016\).+Logistics+and+supply+chain+management.+Pearson+Education+Limited.&ots=9c4NZNg9bZ&sig=rEA65inXhFHRQ_1jE_DY-g5EHs0](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=hRTQEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%E2%80%A2%09Christopher,+M.+(2016).+Logistics+and+supply+chain+management.+Pearson+Education+Limited.&ots=9c4NZNg9bZ&sig=rEA65inXhFHRQ_1jE_DY-g5EHs0)

Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2010). *NOM-251-SSA1-2009: Prácticas de higiene para el proceso de alimentos*. Secretaría de Salud, Recuperado de: [https://www.bing.com/ck/a?!&p=f5d52590fc2606ce897e94a867288417d722445faa1e568fa59d76fad93c11e6JmltdHM9MTc1ODI0MDAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=23c09200-0f87-6d50-1e68-84470e156cce&psq=%e2%80%a2+Diario+Oficial+de+la+Federaci%c3%b3n+%5bDOF%5d.+\(2010\).+NOM-251-SSA1-2009%3a+Pr%c3%a1cticas+de+higiene+para+el+proceso+de+alimentos.+Secretar%c3%ada+de+Salud.&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZG9mLmdvYi5teC9ub3JtYXNPZmljaWFsZXMvMzk4MC9zYWx1ZC9zYWx1ZC5odG0](https://www.bing.com/ck/a?!&p=f5d52590fc2606ce897e94a867288417d722445faa1e568fa59d76fad93c11e6JmltdHM9MTc1ODI0MDAwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=23c09200-0f87-6d50-1e68-84470e156cce&psq=%e2%80%a2+Diario+Oficial+de+la+Federaci%c3%b3n+%5bDOF%5d.+(2010).+NOM-251-SSA1-2009%3a+Pr%c3%a1cticas+de+higiene+para+el+proceso+de+alimentos.+Secretar%c3%ada+de+Salud.&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cuZG9mLmdvYi5teC9ub3JtYXNPZmljaWFsZXMvMzk4MC9zYWx1ZC9zYWx1ZC5odG0)

Esparza, E., Lezama, M., Echeverría Ríos, O. M., & Figueroa Urrea, H. A. (2024). Sistema de rastreabilidad de mercancías en los almacenes aduanales en México. *I+D Revista De Investigaciones*, 19(2), 49-62. <https://doi.org/10.33304/revinv.v19n2-2024005>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025). *Traceability and Transparency in Supply Chains for Agricultural and Forest Commodities Report*. FAO. <https://www.fao.org/transparent-supply-chains/news---events/news/detail/new-report--traceability-and-transparency-in-supply-chains/>

INEGI. (2022). *Infraestructura y transporte en México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Recuperado de: [Transportes](https://inegi.org.mx/temas/transportes/)

Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales [INAI]. (2022). *Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares*. INAI, Recuperado de: [INAI – Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales](https://www.inai.org.mx/legislacion/ley-federal-de-proteccion-de-datos-personales-en-posesion-de-los-particulares)

Kersten, C. C., Kerber, J. M. C., Silva, J. dos S., Bouzon, M., & Campos, L. M. de S. (2024). Traceability in the agri-food supply chain: A new perspective under the Circular Economy approach. *Production*, 34, e20240009, Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240009>

Lina, F., & Huizhen, G. (2024). Research on traceability of agricultural product supply chain information. *Academic Journal of Science and Technology*, 5(1), Recuperado de: <https://doi.org/10.54097/ajst.v5i1.5470>

Moreno, L., & Salazar, F. (2020). Logística rural en América Latina: Desafíos y oportunidades. *Revista Logística & Desarrollo*, 14(2), 45–59, Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18235/0003278>

OECD & FAO. (2025). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2025-2034*. OECD Publishing / FAO, Recuperado de: <https://doi.org/10.1787/601276cd-en>

Panigrahi, R. R., Singh, N., & Muduli, K. (2024). Digital technologies and food supply chain: A scoping view from 2010 to 2024. *International Journal of Industrial Engineering and Operations Management*, Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-05-2024-0030>

Riaz, A., Rehman, H. M., Sohail, A., & Rehman, M. (2024). Industry 4.0 supply chain nexus: Sequential mediating effects of traceability, visibility and resilience on performance. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/APJML-02-2024-0202>

Rodríguez, C., & Méndez, J. (2021). Tecnologías accesibles en el sector agroalimentario: Inclusión digital y trazabilidad en zonas rurales. *Revista de Innovación Regional*, 9(1), 20–34, Recuperado de: [Transformación digital en la administración pública: desafíos para una gobernanza activa en el Perú](https://doi.org/10.1108/APJML-02-2024-0202)

SAP. (2021). *SAP logistics business network*. SAP SE, Recuperado de: <https://www.sap.com>



SISTEMA DE VISIÓN POR COMPUTADORA PARA LA SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE EMPAQUES EN LOGÍSTICA

Fragoso-Mandujano, José Armando^{1*}; Luna-Aguilar, Noé Moisés¹; Flores-Guirao, Sheyla Karina¹; Gonzalez-Baldizón, Yair¹; Guzmán-Rabasa, Julio Alberto²

¹Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez. Carr. Panamericana 1080, Boulevares, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chis.

²Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Politécnica de Chiapas, Suchiapa 29150

*jose.fm@tuxtla.tecnm.mx

Área: Innovación

Resumen

La complejidad de la cadena logística hasta la etapa final de productos exige un correcto empaque de mercancías permitiendo llevar con integridad a diversos productos desde el centro de distribución hasta las manos del consumidor final garantizando la entrega en perfecto estado. Pero, en la actualidad se identifican dos problemas principales en este proceso, el primero es el sobredimensionamiento del empaque, ya que genera un uso excesivo de materiales, incrementa los costos de transporte y embalaje, por otro lado, el segundo problema es el subdimensionamiento del empaque, ocasionando que los productos se dañen durante el traslado provocando pérdidas económicas por devoluciones o reemplazos. En este contexto, se propone el desarrollo de un sistema de visión por computadora (SVC) basado en procesamiento de imágenes de bajo nivel implementado en un ambiente controlado, realizadas las pruebas, el sistema presenta un 80% de precisión al elegir el empaque adecuado. A futuro se plantea implementar el SVC en una línea continua de productos.

Palabras clave: Visión por computadora, empaque, selección de empaques, procesamiento de imágenes, software aplicado a la logística de empaques.

Abstract

The complexity of the logistics supply chain, leading up to the final product stage, necessitates proper packaging of goods to ensure various products are delivered intact from the distribution center to the end consumer, guaranteeing their perfect condition upon arrival. However, two main problems are currently identified in this process: the first is package oversizing, which leads to excessive material usage and increases transportation and packaging costs. On the other hand, the second problem is package undersizing, causing products to be damaged during transit, resulting in economic losses from returns or replacements. In this context, the development of a computer vision system (CVS) based on low-level image processing, implemented in a controlled environment, is proposed. After conducting tests, the system demonstrates 80% accuracy in selecting the appropriate packaging. Future plans include implementing the CVS in a continuous product line.

Key Words: Computer vision, Packaging, Packaging selection, Image processing, Software applied to packaging logistics.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, ha venido en aumento el comercio electrónico (e-commerce), lo que provoca que todas las empresas se esfuercen por garantizar un proceso eficiente en la cadena de distribución [1]. Dentro de los procesos logísticos, el empaque juega un papel fundamental al ser el paso previo a la distribución de mercancías. Sin embargo, elegir de manera adecuada el tamaño del empaque sigue

representando una problemática recurrente en muchas empresas [2]. Con frecuencia, se emplean cajas más grandes de lo necesario para ciertos productos, lo que se conoce como sobredimensionamiento del empaque. Esta práctica genera un uso excesivo de materiales, incrementa los costos de transporte debido a que se desaprovecha espacio en los vehículos de carga y, además, contribuye a un mayor impacto ambiental por la cantidad de cartón, plásticos y relleno utilizados sin necesidad [3], como se muestra en la Figura 1.

En el lado opuesto, el subdimensionamiento del empaque también representa un riesgo importante. El uso de cajas más pequeñas de lo requerido ocasiona que los productos se dañen durante el traslado, afectando directamente la experiencia del cliente y provocando pérdidas económicas por devoluciones o reemplazos. Estos problemas se hacen presentes en diferentes áreas, desde la agroalimentaria [4], la farmacéutica [5] hasta la industrial [6]. Aunque estos problemas parecen mínimos cuando se observan de manera aislada, a gran escala tienen un efecto considerable en la eficiencia de la cadena de suministro, en los costos operativos y en la sostenibilidad de la logística [7].



Figura 1. Empaques de cartón vacíos

Ante esta problemática, se plantea como propuesta el desarrollo de un sistema de visión por computadora para la selección automática de empaques, empleando una cámara de profundidad RGB-D Intel RealSense en conjunto con algoritmos de procesamiento digital de imágenes de bajo nivel, buscando reducir significativamente el desperdicio de cartón además de brindar certeza al consumidor de que el producto que reciba no tendrá ningún daño que afecte su funcionamiento [8]. El sistema permite estimar medidas reales de los objetos en centímetros, sin necesidad de calibración manual, mientras que el sistema procesa la información y compara las dimensiones capturadas con un catálogo de cajas previamente definido. De esta manera, se determina de forma automática cuál es el empaque más adecuado para cada producto, reduciendo la intervención manual y evitando errores de dimensionamiento.

Los resultados esperados con la implementación de este sistema abarcan diferentes niveles.

- En primer lugar, se prevé una reducción significativa del desperdicio de materiales, lo que impacta positivamente en los costos directos de empaque.
- En segundo lugar, se espera una optimización del espacio de almacenamiento y transporte, permitiendo cargas más compactas y eficientes.
- En tercer lugar, la propuesta busca generar un impacto ambiental positivo, al disminuir la huella de carbono asociada con el uso excesivo de empaques y el transporte de espacios vacíos.

Finalmente, este proyecto representa una apuesta por la innovación tecnológica aplicada a la logística, mostrando cómo herramientas de visión artificial y cámaras de profundidad pueden integrarse en procesos cotidianos para hacerlos más inteligentes, sostenibles y rentables.

2. METODOLOGÍA

2.1 Banco de pruebas y sistema de adquisición de imágenes

Las pruebas se realizaron en un ambiente controlado. La cámara se colocó en un área despejada de 60 x 50 cm, a una distancia focal de 30 cm del fondo, como se muestra en la Figura 2. Se dejó un espacio entre el fondo y la distancia mínima de detección de la cámara, donde se ubicarán los objetos a medir.

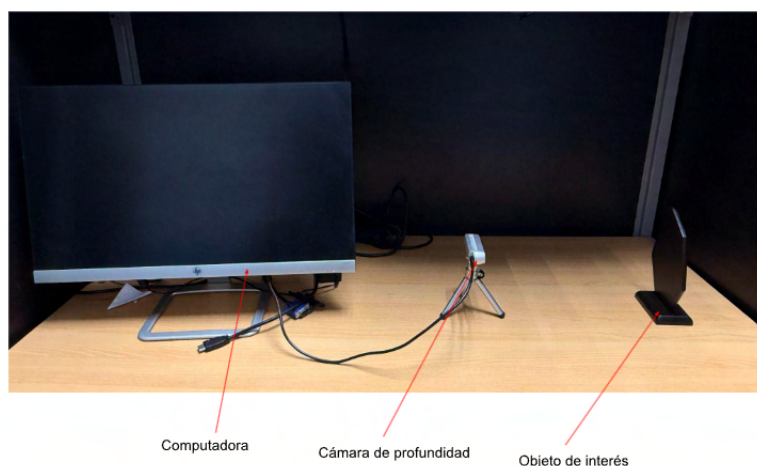


Figura 2. Banco de pruebas

Para esta fase se empleó la cámara Intel Realsense modelo 450i, cuyas características (mostradas en la Tabla 1) son adecuadas para obtener una aproximación precisa de las dimensiones reales del objeto de interés.

Característica	Valor
Intervalo de operación (mínimo-máximo)	~.3m - 3m
Resolución y FPS profundos	1280x720 30fps
Campo de visión profundo	HH:87 V:58

Tecnología de profundidad	Active Stereoscopic
---------------------------	---------------------

Tabla 1. Especificaciones técnicas de la cámara d435i

2.2 Algoritmo de captura y selección de caja

Para el desarrollo de este trabajo se propone el esquema mostrado en la Figura 3 para la adquisición y procesamiento de imágenes, el cual se detalla a continuación:

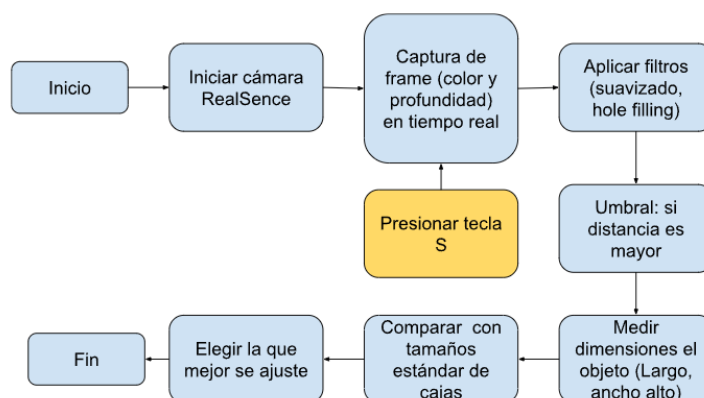


Figura 3. Esquema general de la propuesta

El diagrama de flujo especifica la arquitectura y el pipeline operacional de un sistema de visión por computadora diseñado para la medición métrica de objetos y su posterior clasificación dimensional. El sistema emplea un sensor RGB-D (Color + Profundidad), específicamente una cámara Intel RealSense, para la adquisición de datos tridimensionales del entorno.

El proceso se inicia con la inicialización del dispositivo de captura y sus correspondientes controladores de software. Una vez operativo, el sistema procede a la adquisición de fotogramas (frames). Cada fotograma consiste en un par de matrices de datos alineadas espacialmente: una imagen de color (RGB) y un mapa de profundidad, donde el valor de cada píxel representa la distancia ortogonal (eje Z) desde el plano del sensor hasta el punto correspondiente en la escena.

Los datos de profundidad brutos son inherentemente susceptibles al ruido del sensor y a artefactos como oclusiones o superficies con baja reflectividad infrarroja. Por consiguiente, se implementa una etapa de preprocesamiento que incluye la aplicación de filtros espaciales para la atenuación del ruido (suavizado) y algoritmos de interpolación para la completitud de datos en regiones con valores nulos o inválidos (hole filling). Posteriormente, se ejecuta un algoritmo de segmentación de primer plano (foreground segmentation) mediante umbralización por distancia. Se establece un umbral de 30 cm, de modo que todos los píxeles que representan puntos más allá de esta distancia son descartados (su valor se asigna a cero). Esta operación aísla eficazmente el objeto de interés, eliminando la interferencia del fondo y simplificando el análisis subsecuente.



Sobre la nube de puntos segmentada, se aplica un algoritmo de detección de objetos para identificar y localizar el volumen de interés. El resultado de esta detección es la computación de una caja delimitadora 2D (bounding box), la cual define una región de interés (ROI) que encapsula la proyección del objeto en el plano de la imagen. A partir de esta ROI y los datos de profundidad asociados, el sistema extrae las dimensiones métricas del objeto (largo, ancho y alto) en centímetros. Este cálculo se fundamenta en la proyección inversa de los píxeles al espacio 3D, utilizando los parámetros intrínsecos de la cámara previamente calibrados.

Las dimensiones extraídas sirven como entrada para un módulo de aplicación de alto nivel. En este caso, se trata de un sistema de clasificación que mapea el volumen del objeto a una categoría dimensional discreta (XS, S, M, L, XL), automatizando la selección de un embalaje adecuado.

Paralelamente, el sistema ofrece una interfaz gráfica de usuario (GUI) para la monitorización en tiempo real. Esta interfaz visualiza el flujo de video RGB, superponiendo gráficamente la caja delimitadora, los datos dimensionales calculados y la clasificación resultante. El sistema permite la interacción del usuario para, por ejemplo, registrar y almacenar los datos de una captura específica mediante un comando de teclado. El ciclo operativo concluye con la finalización del programa y la desasignación controlada de los recursos de hardware de la cámara.

2.3 Descripción de los objetos de prueba

Para evaluar el desempeño del sistema de visión por computadora, se seleccionaron tres objetos con características contrastantes en forma, material y textura:

- Taza cerámica: utilizada por su geometría cilíndrica, superficie brillante y tonalidades claras, que permiten analizar la respuesta del algoritmo ante reflejos y curvas suaves, cuyas medidas son 15 X 9.5 X 8 cm.
- Bote de agua: elegido por su altura, superficie reflectante que representa un reto adicional en la detección de bordes, cuyas medidas son 8.5 X 25 X 8.5 cm.
- Reconocimiento con figura poligonal: incorporado por su acabado opaco y su forma rectangular para verificar la capacidad del algoritmo de identificar superficies planas, cuyas medidas son 13 X 19 X 6 cm.



Figura 4. Objetos de prueba



2.4 Descripción de los tamaños de las cajas

Para la selección y manipulación correcta del empaque, un factor crítico es saber las dimensiones de este. Existe una categoría de diferentes materiales que constituyen a las cajas los cuales son [9]:

- Cajas de cartón corrugado: son las más utilizadas en la industria por bajo costo, ligereza y capacidad de reciclaje.
- Cajas plegadizas (folding cartons): fabricadas con cartoncillo o cartón sólido comúnmente utilizadas en la industria alimenticia y farmacéutica.
- Cajas rígidas: poseen mayor durabilidad y resistencia estructural, comúnmente usadas en empaques de lujo (cosméticos, artículos electrónicos, entre otros).

Categoría de tamaño	Dimensiones aproximadas	Uso común
Caja XS (extra pequeña)	20 × 15 × 10 cm	Cosméticos, accesorios, repuestos pequeños
Caja S (pequeña)	30 × 20 × 15 cm	Libros, ropa ligera, artículos electrónicos pequeños
Caja M (mediana)	40 × 30 × 20 cm	Zapatos, paquetes de alimentos, utensilios de cocina
Caja L (grande)	50 × 40 × 30 cm	Electrodomésticos pequeños, ropa doblada, juguetes
Caja XL (extra grande)	60 × 50 × 40 cm	Equipos electrónicos medianos, ropa voluminosa

Tabla 2. Tamaños comerciales de cajas para packaging

- Cajas plásticas reutilizables: empleadas en la industria automotriz por su resistencia al agua y químicos, así como por su posibilidad de apilamiento seguro.
- Cajas especiales o personalizadas: diseñadas para productos específicos (botellas, electrónicos frágiles) incluyendo separadores internos, espuma o materiales de protección.

Entonces, el tipo de caja que se considera para el estudio será la personalizada y con ello en la siguiente Tabla 2, se presentan los diferentes tamaños que existen:

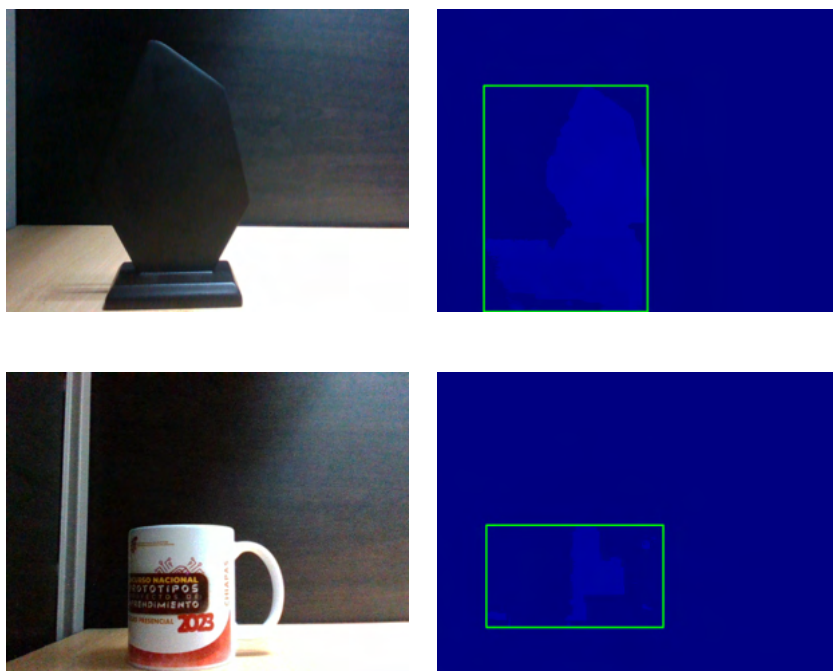
3. RESULTADOS

Esta sección presenta los resultados obtenidos de la implementación del sistema de visión por computadora para la selección automática de empaques, detallando la precisión y el rendimiento del algoritmo propuesto en la estimación de dimensiones y la clasificación de objetos. Se muestran las pruebas realizadas en un ambiente controlado y el desempeño del sistema con diferentes tipos de

objetos, así como el impacto de los filtros de preprocesamiento en la calidad de los datos de profundidad.

Lo que se observa en la Figura 5 es una representación visual generada por nuestro sistema, utilizando datos de una cámara de profundidad. A diferencia de una fotografía convencional, esta escena no muestra los colores reales de los objetos, sino un mapa de distancias. El fondo, teñido de un azul oscuro y profundo, representa las áreas más alejadas de la cámara, como podría ser una pared o el final de la cinta transportadora.

Contrastando con ese fondo, se distingue la silueta de un objeto en un tono de azul ligeramente más claro, lo que nos indica que está más cerca. No podemos ver detalles como texturas o etiquetas, ya que la cámara solo captura su forma tridimensional. Lo más significativo es el brillante rectángulo verde que enmarca el objeto. Esta caja, conocida en visión por computadora como bounding box ha sido superpuesta digitalmente por nuestro algoritmo. Su presencia es la confirmación visual de que el sistema ha procesado la imagen, ha identificado correctamente la ubicación y los límites del objeto de interés y lo ha aislado del resto del entorno. En esencia, esta imagen es una instantánea que demuestra que el sistema está "viendo" y entendiendo la escena en tres dimensiones.



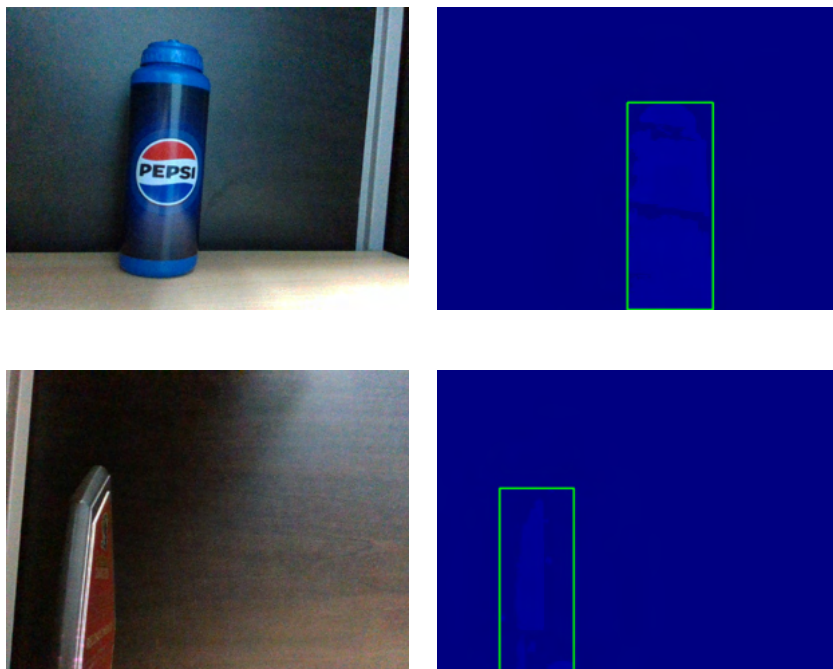


Figura 5, Capturas de la taza, bote y reconocimiento con bounding box y dimensiones calculadas.

La Tabla 3 compara las mediciones reales de los objetos con las estimadas por el algoritmo propuesto. Se observa una diferencia del 75% con la taza, del 82% con el bote y del 83% en el reconocimiento. Esto resulta en una precisión promedio del 80% entre las medidas reales y las estimadas.

Objeto	Medida real (cm)	Medida estimada (cm)	% de precisión promedio	caja estimada
Taza	15 X 9.5 X 8	14.3 X 8.5 X 9	75%	XS
Bote	8.5 X 25 X 8.5	8 X 27 X 9.2	82%	M
Reconocimiento	13 X 19 X 6	14.2 X 21 X 5	83%	M

Tabla 3. Comparativa de los resultados dados y los resultados estimados, además del tamaño estimado de caja seleccionada.



4. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

En este documento presentamos el desarrollo de un sistema de visión por computadora (SVC) para dar solución a la problemática en la logística de empaque de producto, sobre el sobredimensionamiento y subdimensionamiento de empaques, que aborda este reto mediante una cámara de profundidad y algoritmos de procesamiento de imágenes para medir objetos y determinar el tamaño de caja más adecuado de forma automática. Mediante el uso de una cámara de profundidad y algoritmos de procesamiento de imágenes, el sistema fue capaz de medir distintos objetos y sugerir, de manera automática, el tamaño de caja más adecuado para cada caso. Los resultados obtenidos en el entorno de pruebas controlado son prometedores, demostrando que el sistema puede seleccionar el empaque correcto con una precisión promedio del 80%. No obstante, como toda solución tecnológica, aún quedan retos por superar. El trabajo futuro se orientará a la implementación y validación del sistema en un escenario de producción continua, con condiciones más dinámicas y cercanas a las de una planta industrial. Este paso será clave para comprobar la robustez del sistema, identificar posibles limitaciones y, a su vez, abrir la puerta a mejoras que lo hagan escalable y adaptable a diferentes industrias.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez por las facilidades para realizar este trabajo, además, agradezco al equipo de trabajo por su colaboración en el desarrollo del mismo.

6. REFERENCIAS

- [1] Saurabh, K., Singh, T., & Hiremath, R. (2022). Computer Vision Enabled for Corrective Packaging. In *CHANGING FACE OF E-COMMERCE IN ASIA* (pp. 255-275).
- [2] Kwon, J., & Kwon, S. (2024). Box packaging waste reduction by largest area first fit algorithm and minimum cuboid estimation of irregular shape products. *Journal of Applied Packaging Research*, 16(1), 1.
- [3] Radu, V. M., Chiriac, M., Deak, G., Pipirigeanu, M., & Izhar, T. N. T. (2020, December). Strategic actions for packaging waste management and reduction. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 616, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- [4] Ait-Oubahou, A., Brecht, J. K., & Yahia, E. M. (2019). Packing operations. In *Postharvest technology of perishable horticultural commodities* (pp. 311-351). Woodhead Publishing.
- [5] Benedetti, M., Cesarotti, V., Giuiusa, A., & Introna, V. (2014). Buffer size design in pharmaceutical packaging lines: an analytical methodology proposal and case study. *International Journal of Engineering Business Management*, 6, 26.
- [6] El-sayed, M. E., Youssef, A. W., Shehata, O. M., Shihata, L. A., & Azab, E. (2022). Computer vision for package tracking on omnidirectional wheeled conveyor: Case study. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 116, 105438.
- [7] Kye, D., Lee, J., & Lee, K. D. (2013). The perceived impact of packaging logistics on the efficiency of freight transportation (EOT). *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(8), 707-720.
- [8] E2M Couth. (26 de julio de 2024). Aplicaciones de visión artificial para el control de calidad del packaging: Inspección de embalajes. <https://e2mcouth.com/es-mx/blog/inspeccion-de-embalajes/>
- [9] Su, Y., Duan, H., Wang, Z., Song, G., Kang, P., & Chen, D. (2020). Characterizing the environmental impact of packaging materials for express delivery via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122961.