

VIABILITY ANALYSIS OF IMPLEMENTING AN AUTOMATIC TRUCK LOADING SYSTEM (ATLS) IN MANUFACTURING INDUSTRY OF CORTÉS, HONDURAS

Miguel Montes¹; Steffy Perdomo¹; Heysa Vasquez²

¹Ingeniería en Gestión Logística, Centro Universitario Tecnológico, Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras

¹Docente de Ingeniería en Gestión Logística, Centro Universitario Tecnológico, Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras

Abstract - This feasibility analysis aims to evaluate the implementation of an automatic loading and unloading system known as the Automatic Truck Loading System (ATLS) in the manufacturing industry of Cortés, Honduras. The proposal seeks to address the need to optimize operational times and improve logistics efficiency, a critical challenge for companies operating in a competitive global market. To conduct this analysis, methods such as structured interviews with key stakeholders in the logistics sector and direct observation of current loading and unloading operations were employed. These methods enabled the collection of accurate information on the limitations, needs, and capabilities of the logistics environment in the region, as well as the validation of the technical and economic applicability of the ATLS system. The analysis highlights the project's technical and financial feasibility, with tangible benefits such as reduced processing times, improved resource management, and lower operational costs. This comprehensive approach provides a solid foundation for strategic decision-making and promotes the modernization of the logistics infrastructure in the manufacturing industry of Cortés.

Keywords - Automatic Truck Loading System (ATLS), Processing Industrial Zones (ZIP), the manufacturing industry, Time Reduction, Loading and Unloading

ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CARGA DE CAMIONES (ATLS) EN MAQUILAS DE CORTÉS

Miguel Montes¹; Steffy Perdomo¹; Heysa Vasquez²

¹Ingeniería en Gestión Logística, Centro Universitario Tecnológico, Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras

²Docente de Ingeniería en Gestión Logística, Centro Universitario Tecnológico, Universidad Tecnológica Centroamericana, San Pedro Sula, Honduras

Resumen - Este análisis de viabilidad tiene como objetivo evaluar la implementación de un sistema de carga y descarga automático conocido como Automatic Truck Loading System (ATLS) en las maquilas de Cortés, Honduras. La propuesta busca responder a la necesidad de optimizar los tiempos operativos y mejorar la eficiencia logística, un desafío crítico para las empresas que operan en un mercado global competitivo. Para llevar a cabo este análisis, se emplearon métodos como entrevistas estructuradas con actores clave del sector logístico y la observación directa en las operaciones actuales de carga y descarga. Estos métodos permitieron recolectar información precisa sobre las limitaciones, necesidades y capacidades del entorno logístico en la región, así como validar la aplicabilidad técnica y económica del sistema ATLS. El análisis destaca la viabilidad técnica y financiera del proyecto, con beneficios tangibles como la reducción de tiempos, la mejora en la gestión de recursos y la disminución de costos operativos. Este enfoque integral proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas y promueve la modernización de la infraestructura logística en las maquilas de Cortés.

Palabras clave - Automatic Truck Loading System (ATLS), Zonas Industriales de Procesamiento (ZIP), maquilas, reducción de tiempo, carga y descarga

I. INTRODUCCIÓN

La automatización en la logística se ha consolidado como un pilar fundamental para mejorar la eficiencia y competitividad de las operaciones en un contexto global caracterizado por cadenas de suministro altamente exigentes. Los sistemas automáticos de carga y descarga (ATLS, por sus siglas en inglés) representan una de las tecnologías clave en esta modernización, al optimizar tiempos operativos, reducir costos y minimizar errores humanos [1]. Países como Japón, Alemania y los Países Bajos han liderado la implementación de estas tecnologías, alcanzando índices de automatización superiores al 80%, lo que refleja su impacto positivo en sectores como el comercio internacional y la distribución de mercancías [2].

En el caso de las maquilas de Cortés, Honduras, persisten desafíos relacionados con el uso predominante de métodos tradicionales en las operaciones logísticas, lo que genera cuellos de botella y afecta la productividad [3]. Este estudio explora la viabilidad técnica, económica y operativa de implementar

sistemas ATLS en estas zonas, evaluando sus beneficios en términos de reducción de tiempos, costos y sostenibilidad [4].

Además, el análisis contempla las dinámicas del macro y microentorno, incluyendo la influencia de los competidores regionales, la disponibilidad de proveedores tecnológicos y la respuesta del mercado local ante innovaciones logísticas [5; 6]. De esta manera, esta investigación no solo pretende generar un marco teórico robusto, sino también ofrecer recomendaciones prácticas que permitan a las maquilas de Cortés posicionarse como líderes en modernización logística dentro de Centroamérica.

Según Kimura [2] la investigación sobre la adopción de sistemas automáticos de carga y descarga (ATLS) en maquilas de Cortés se fundamenta en el creciente interés global por mejorar las operaciones logísticas mediante tecnologías de automatización. A nivel internacional, países como Estados Unidos, China, Países Bajos, Alemania y Japón han implementado tecnologías avanzadas en sus Zonas Industriales de Procesamiento (ZIP) para optimizar los tiempos de carga y descarga, reducir costos y mejorar la precisión operativa.

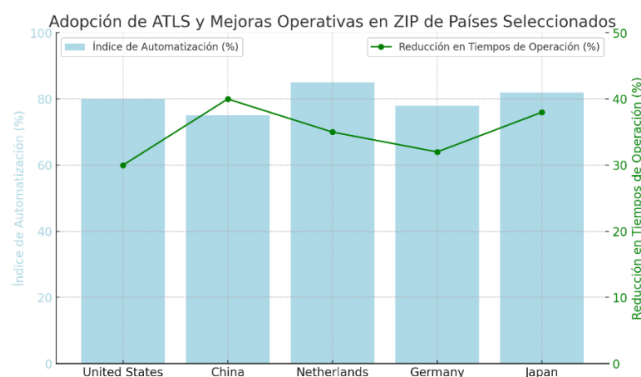


Fig. 1 Gráfico adopción de ATLS. Fuente (2).

En la figura 1, se observa que los índices de adopción de automatización en la industria no representan todo el tiempo un crecimiento en su eficiencia operativa. Por ejemplo, China presenta porcentajes más bajos de automatización, pero, consigue una mayor reducción de tiempos de operación.

En las maquilas del departamento de Cortés, los procesos tradicionales de carga y descarga presentan desafíos operativos, especialmente en zonas de alta demanda. Según la Asociación Hondureña de Maquiladores (AHM), los cuellos de botella en las maquilas hondureñas son un problema recurrente que afecta la continuidad de las operaciones [7].

Esto indica que los procesos de operación manual y el uso de métodos convencionales generan cuellos de botella con tiempos de espera prolongados en un rango de 2 a 4 horas promedio tanto en operaciones de carga y descarga. Por eso nace la oportunidad de ofrecer un sistema automático de carga, este servicio permitiría a las empresas de la región optimizar sus procesos logísticos.

El análisis de viabilidad de implementar un sistema automático ATLS en maquilas de Cortés es fundamental para abordar los beneficios que aportaría esta tecnología en términos de reducción de tiempo operativo. Actualmente, en industrias como la textil y automotriz, los tiempos promedio de carga y descarga oscilan entre 2 y 4 horas, dependiendo del volumen de mercancía y las condiciones logísticas. Por ejemplo, si un camión actualmente tarda 3 horas en promedio para una operación de carga o descarga, con un ATLS podría tardar solo 45 minutos, representando un ahorro de 2 horas y 15 minutos por operación.

II. MARCOTEÓRICO

A. Macroentorno

La implementación de sistemas ATLS ha ganado relevancia a nivel mundial como una solución para mejorar la eficiencia logística, reducir los costos operativos y minimizar los tiempos de inactividad en los almacenes. Este sistema, compuesto generalmente por equipos automatizados como brazos robóticos, cintas transportadoras y software de control logístico, permite que las empresas manejen grandes volúmenes de mercancías de forma ágil y eficiente. Actualmente la demanda para mejorar los procesos logísticos se implementa una respuesta a la necesidad creciente de satisfacer el ritmo acelerado de las cadenas de suministro globales y responder a la competitividad del mercado [3].

En países como Alemania, Japón y Estados Unidos, la automatización logística ha demostrado reducir significativamente los tiempos de carga y descarga, mejorando la rotación de flotas y la gestión del tiempo en la cadena de suministro [8].

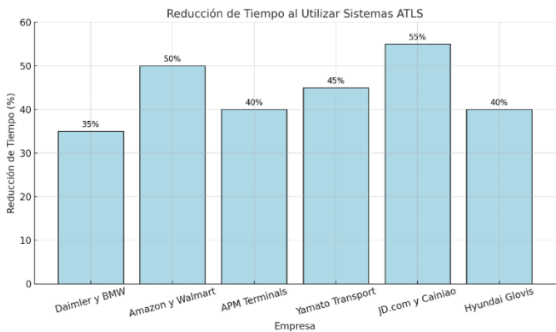


Fig. 2 Empresas que han implementado Sistemas ATLS.

La figura 2 ilustra la reducción de tiempo lograda por diferentes empresas al implementar sistemas ATLS. Las empresas analizadas pertenecen a diversos sectores como automotriz, retail, logística portuaria, mensajería y e-commerce. Se observa que la disminución de los tiempos operativos oscila entre un 35% y un 55%, lo cual demuestra la efectividad de estas tecnologías en mejorar la eficiencia logística.

TABLA 1
EJEMPLOS DE EMPRESAS QUE HAN IMPLEMENTADO ATLS

País	Empresa	Sector	Descripción de Implementación
Alemania	Daimler y BMW	Automotriz	Implementación de ATLS en centros de distribución y fábricas para mejorar la rotación de inventario y logística [8].
Estados Unidos	Amazon y Walmart	Retail	Uso de ATLS en centros de distribución para manejar grandes volúmenes de productos, optimizando la precisión logística [9].
Países Bajos	APM Terminals	Logística portuaria	Implementación en el puerto de Rotterdam para la carga y descarga eficiente de contenedores [10].
Japón	Yamato Transport	Mensajería y paquetería	ATLS en centros de distribución para agilizar la carga y descarga de camiones, enfrentando la escasez de mano de obra [8].
China	JD.com y Cainiao Network	E-commerce y logística	ATLS en centros de distribución para gestionar altos volúmenes de envíos con mayor rapidez y eficiencia [11].
Corea del Sur	Hyundai Glovis	Automotriz	Uso de ATLS para la carga y descarga rápida de autopartes, mejorando la eficiencia en logística automotriz [10].

Fuente : (Elaboración Propia)

B. Microentorno

La viabilidad de un ATLS en las maquilas de Cortés depende de un análisis exhaustivo del microentorno, especialmente proveedores, clientes y condiciones locales. Este análisis se centra en factores específicos que influyen en las operaciones logísticas de la región, utilizando el marco de las Cinco Fuerzas de Porter:

Competidores: Las maquilas de Cortés enfrentan una fuerte competencia de otros centros logísticos en Centroamérica, como Panamá y Costa Rica, que han desarrollado importantes sistemas logísticos.

Proveedores: Los sistemas ATLS requieren componentes avanzados; las plataformas deslizantes son fundamentales para optimizar la carga y descarga.

Clientes: La región cuenta con sectores industriales como maquilas textiles, ensamblaje automotriz y empresas de exportación agrícola que demandan soluciones logísticas eficientes. Estos clientes buscan tiempos de respuesta más cortos, costos reducidos y seguridad en sus mercancías.

Sustitutos: Los métodos tradicionales de carga y descarga son una alternativa de menor costo inicial, pero presentan mayores tiempos de operación y errores humanos. La creciente demanda de precisión logística hace que los ATLS sean una solución inevitable a largo plazo.

Nuevos Entrantes: La posibilidad de nuevos competidores con tecnología avanzada podría influir en la decisión de implementar ATLS. Sin embargo, la infraestructura actual de las maquilas de Cortés proporciona una base sólida para integrar tecnologías modernas, posicionándolas estratégicamente.

Análisis interno

El análisis interno a través de la herramienta FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) permite evaluar los factores internos y externos que influyen en la implementación de sistemas automáticos de carga y descarga (ATLS) en las maquilas de Cortés. Este análisis facilita una comprensión integral de las capacidades y limitaciones, así como de los elementos del entorno que pueden ser aprovechados o requerir mitigación (Fig. 3).

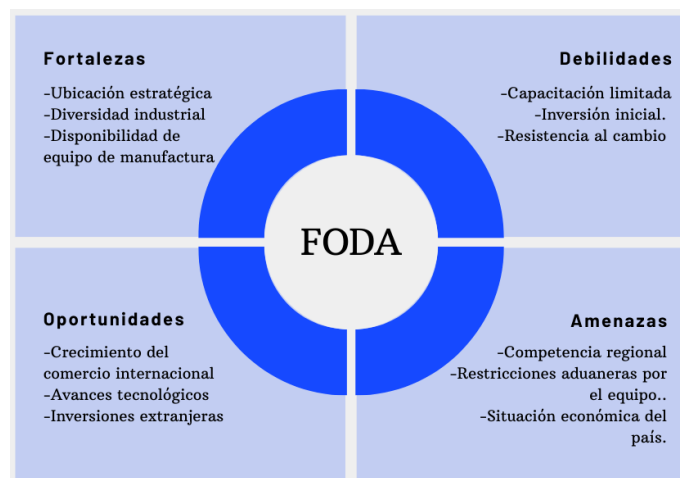


Fig. 3 FODA del análisis interno

C. Marco legal

Ley de Zonas Libres: Las maquilas que más generan empleos en Honduras se encuentran en Zonas libres y ZIP. Estas áreas pese a sus diferencias en su enfoque y objetivos, esta ley también ofrece un marco legal para la operación de zonas especiales orientadas a la exportación. Proporciona incentivos fiscales y aduaneros que pueden ser aplicables a empresas que buscan implementar tecnologías avanzadas como los sistemas ATLS [12].

Código Aduanero Uniforme Centroamericano (CAUCA) y su Reglamento (RECAUCA): Honduras, como parte de la integración centroamericana, adopta el CAUCA y RECAUCA, que establecen las normas y procedimientos aduaneros en la

región. Estas regulaciones facilitan el comercio y la importación de bienes, incluyendo maquinaria y equipos para la modernización industrial, como los sistemas ATLS [13].

Consideraciones para la Implementación de ATLS en ZIP:

- **Importación de equipos:** Las leyes y reglamentos mencionados, como el Decreto No. 356 y el CAUCA, permiten la importación de maquinaria y equipos necesarios para la producción y exportación sin el pago de aranceles e impuestos, lo que facilita la adquisición de sistemas ATLS [4; 13].
- **Beneficios fiscales:** Las empresas que operan en las ZIP gozan de exoneraciones fiscales, incluyendo el Impuesto Sobre la Renta y otros impuestos municipales, lo que reduce los costos asociados a la implementación de nuevas tecnologías [14].
- **Procedimientos aduaneros simplificados:** La adopción del CAUCA y RECAUCA proporciona procedimientos aduaneros más ágiles, facilitando la importación de equipos y componentes necesarios para los sistemas ATLS [13].

D. Teorías

El marco teórico es esencial para sustentar la implementación de sistemas automáticos de carga y descarga (ATLS) en las maquilas de Cortés, que, generalmente se encuentran en una ZIP. Estas teorías ofrecen perspectivas sólidas y metodológicas que respaldan la modernización logística, la optimización de recursos y la integración tecnológica.

Teoría de la logística integral. Sostiene que todos los procesos logísticos deben gestionarse como un sistema único e interdependiente. Esto implica integrar actividades como almacenamiento, transporte y distribución para maximizar la eficiencia y reducir costos.

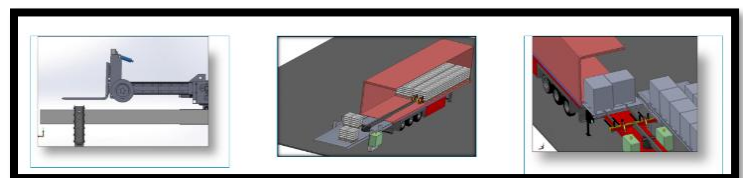


Fig. 4 Integración de sistema ATLS. Fuente: [15]

La automatización industrial requiere una infraestructura que soporte el flujo eficiente de operaciones logísticas. Sin una infraestructura adecuada, los sistemas automatizados pueden enfrentar interrupciones o limitaciones operativas. Por ejemplo, un plantel con diseño inadecuado podría causar demoras en la alineación de los camiones con los sistemas automáticos, afectando el rendimiento del ATLS.

TABLA 2
TIPOS DE SISTEMAS ATLS

Tipo de Sistema ATLS	Características	Ventajas	Aplicaciones	Tipos de Mercancías y Peso
Cinta Transportadora Automatizada	- Mueve mercancías ligeras y medianas (10-50 kg).	- Alta velocidad.	Industria textil y de alimentos.	- Ropa (20-50 kg).
	- Integra sistemas de escaneo automático.	- Bajo consumo energético.		- Cajas de alimentos procesados (10-30 kg).
Carga y Descarga Basada en Palés	- Maneja mercancías paletizadas NIMF 15 (500-1000 kg).	- Reduce daños.	Automotriz, agroindustria l, manufactura pesada.	- Partes automotrices (500-1000 kg).
	- Compatible con normas internacionales	- Maneja grandes volúmenes.		- Granos y fertilizantes (25-50 kg).
Carros Deslizantes Automatizados	- Plataformas móviles para cargas voluminosas (hasta 2000 kg).	- Optimiza espacio.	Materiales de construcción, manufactura general.	- Palets con ladrillos o maquinaria (500-2000 kg).
	- Modular para diferentes contenedores.	- Menor intervención humana.		
Carga y Descarga por Gravedad	- Plataformas y rodillos inclinados para mover mercancías sin energía adicional.	- Bajo costo.	Alimentos y productos terminados.	- Cajas de productos alimentarios (5-30 kg).
		- Alta sostenibilidad.		
Brazos Robóticos Automatizados	- Manipula mercancías individuales o paletizadas (10-500 kg).	- Alta precisión.	Automotriz, electrónica, farmacéutica.	- Electrónica (10-50 kg).
	- Sensores y monitoreo en tiempo real.	- Adaptable a diferentes mercancías.		- Medicamentos paletizados (500 kg).

Fuente : [16]

Teoría del modelo de negocios

Este modelo explica cómo una empresa crea valor para sus clientes, lo entrega y obtiene ganancias. En pocas palabras, se trata de entender cómo una empresa satisface las necesidades de sus clientes, desde el diseño del producto hasta la forma de venderlo. El Modelo Canvas es una herramienta popular para visualizar este proceso. En el caso de los ATLS, esta teoría ayuda a entender cómo esta tecnología puede mejorar los procesos logísticos. Los ATLS generan valor al hacer las operaciones más rápidas, baratas y seguras. Para entregar este valor, se pueden hacer alianzas con empresas internacionales y ofrecer soporte técnico local. Las ganancias se obtienen al atraer a empresas que buscan modernizarse.

Teoría de la evaluación del proyecto

Se basa en principios metodológicos que permiten evaluar la viabilidad técnica, económica, financiera, social y ambiental de una iniciativa. En proyectos como la implementación de sistemas automáticos de carga y descarga (ATLS), estos principios facilitan el análisis de diversos aspectos. Este estudio, en particular, utilizará la simulación para observar la reducción de tiempos operativos y su impacto en la productividad y competitividad del sector logístico.

E. Conceptualización

ATLS (Automatic Truck Loader System):

El ATLS es un sistema automatizado para cargar y descargar mercancías en camiones y contenedores. Utiliza tecnologías como cintas telescópicas, rodillos y robots, operando de forma autónoma o semiautónoma, y es compatible con diversos tipos de mercancías y vehículos [17].

El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema ATLS en las maquilas de Cortés, determinando su potencial para optimizar los tiempos de carga y descarga.

III. METODOLOGÍA

Enfoque y diseño de investigación

El estudio utiliza un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos [4] para evaluar la viabilidad de implementar un sistema automático de carga y descarga de camiones (ATLS) en maquilas de Cortés.

El diseño de esta investigación es de tipo no experimental con un alcance descriptivo y correlacional, enfocado en analizar las variables en su contexto natural sin manipularlas, con el propósito es observar fenómenos tal como ocurren en la realidad y establecer relaciones entre ellos.

Población y recopilación de datos

La población meta está compuesta por empresas maquiladoras del sector en el departamento de Cortés. La muestra se seleccionó por conveniencia, un método no probabilístico basado en la accesibilidad, disponibilidad y disposición de los participantes. En total, cinco maquilas aceptaron compartir información para el estudio.

La unidad de análisis son los procesos operativos de carga y descarga en estas maquilas, incluyendo las actividades del equipo logístico, herramientas, recursos y condiciones que afectan la eficiencia y productividad. El análisis busca identificar factores clave que influyen en el desempeño del personal y la optimización de los procesos.

La unidad de respuesta está conformada por las cinco maquilas participantes, que aportaron datos mediante encuestas, entrevistas y observación directa, facilitando la evaluación de su experiencia, percepciones y aportes a la mejora logística.

Para responder al objetivo de la investigación se operacionalizaron las variables necesarias en el estudio, las cuales fueron, tiempo promedio perdido en procesos tradicionales de carga y descarga, adopción de ATLS y viabilidad del sistema ATLS (Tabla 3).

TABLA 3
 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente	Conceptual	Operacional	Dimensión	Indicador	Ítems
Tiempo promedio perdido en procesos tradicionales de carga y descarga	El tiempo empleado en las operaciones de carga y descarga utilizando métodos convencionales.	Tiempo medido en horas/minutos durante las operaciones tradicionales de carga y descarga.	Tiempo operativo	Horas promedio empleadas por camión.	1. ¿Cuánto tiempo toma la carga promedio en los métodos tradicionales? 2. ¿Cuáles son las causas más comunes de los retrasos?
Impacto de la adopción de ATLS en los tiempos de carga y descarga	Evaluación de la reducción en tiempos de carga y descarga tras la implementación del sistema ATLS.	Diferencia en tiempos medidos antes y después de implementar el sistema automático.	Mejora en tiempos logísticos	Porcentaje de reducción en los tiempos de carga y descarga.	1. ¿Cuánto tiempo se reduce con el sistema ATLS? 2. ¿Cuántos camiones adicionales pueden atenderse por día?
Viabilidad técnica del sistema ATLS	Análisis de los recursos y beneficios para determinar la factibilidad de implementar ATLS.	Evaluación de beneficios y requerimientos técnicos para la instalación del sistema ATLS.	Factibilidad técnica	Porcentaje de aumento de eficiencia.	1. ¿Representa un buen beneficio su integración? 2. ¿Qué beneficios representa?

Fuente: (Elaboracion Propia)

Técnicas e instrumentos aplicados

En esta investigación se empleó una entrevista estructurada dirigida a jefes de Logística o del área asignada a supervisar la operación de carga y descarga. La entrevista tenía como objetivo conocer los tiempos de las operaciones de carga y descarga de la empresa, así como conocer su opinión sobre los métodos tradicionales y la posibilidad de reemplazar estos por un método automatizado como lo es un ATLS. Además, se utilizó la observación directa para analizar los tiempos de carga y descarga de los camiones. Adicionalmente, se utilizaron otros instrumentos, como:

- Registro manual de los tiempos utilizando un cronómetro.
- Documentación de las etapas del proceso mediante un diagrama de procesos
- Flexsim Simular escenarios alternativos con el sistema ATLS para identificar mejoras en eficiencia y capacidad.
- Diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto) para recolectar los problemas y priorizar soluciones enfocadas en las principales causas detectadas en las maquilas.

Para la recolección de los datos, el proyecto se dividió en dos fases principales, con una distribución de actividades organizada entre el 9 de octubre de 2024 y el 21 de enero de 2025.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Resultado de la entrevista estructurada

Los resultados de la entrevista estructurada fueron analizados mediante un Diagrama de Ishikawa, que permite identificar de forma clara las principales causas de los retrasos en los procesos de carga y descarga. La información proviene de entrevistas con jefes de logística u operaciones responsables de estas actividades. La figura 5 muestra el diagrama, resaltando las áreas de oportunidad y los factores críticos que afectan las operaciones logísticas.

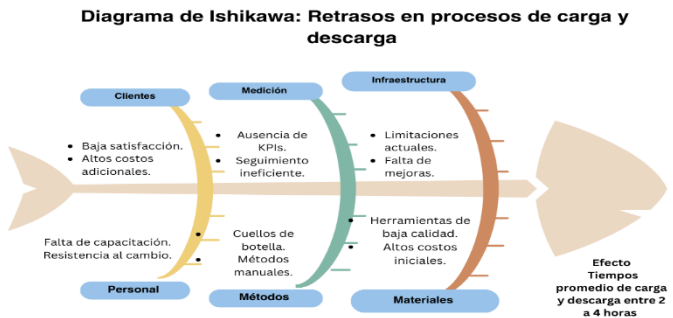


Fig. 5 Diagrama de Ishikawa retrasos en la carga y descarga. Fuente:

(Elaboración Propia)

Interpretación del análisis.

El análisis revela que los retrasos se deben a factores como la falta de capacitación y la resistencia al cambio en el personal, que dificultan mejoras operativas. En cuanto a los métodos, los cuellos de botella y el uso de procesos manuales reducen la eficiencia logística. Desde la perspectiva del cliente, estos retrasos generan altos costos, insatisfacción y afectan la reputación y competitividad de la empresa. Se identificó que los tiempos promedio de carga y descarga, entre 2 y 4 horas, aumentan los costos operativos y deterioran la experiencia del cliente.

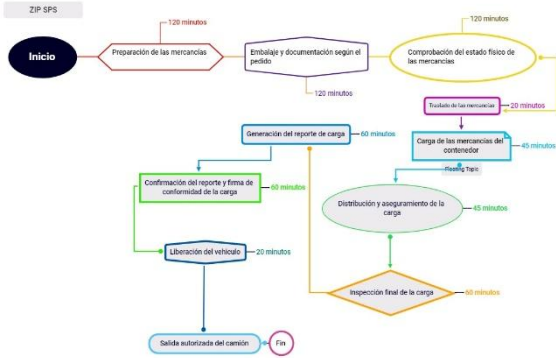
B. Resultados de la observación directa

La observación directa se llevó a cabo desde el 28 de noviembre de 2024, enfocándose en los procesos de carga y descarga realizados en la empresa ubicadas en San Pedro Sula y Choloma. Durante esta actividad, se visualizó el flujo operacional de dichos procesos, cuya dinámica fue representada a través de diagramas de procesos generados mediante la simulación en FlexSim.

Además, se recolectó información clave sobre la infraestructura existente, incluyendo los espacios físicos y recursos disponibles, así como detalles sobre los tipos de mercancías manejadas. Estos datos proporcionan un panorama integral que facilita la identificación de factores que impactan en las operaciones logísticas:

- Diagrama de proceso de carga

Fig. 6 Diagrama de proceso de carga. Fuente: (Elaboración Propia)



Se esquematizó y simuló el proceso de carga de las cinco empresas para evaluar cuántas cargas se realizan en 10 horas usando métodos tradicionales. Aunque no emplean automatización, sus tiempos operativos son eficientes y permiten cumplir con los objetivos establecidos.

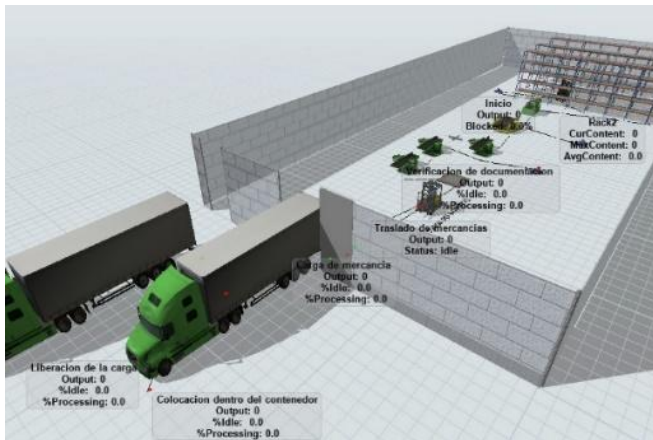


Fig. 7 Simulación en flexim basada en tiempo real del proceso carga Fuente: (Elaboración Propia)

- Diagrama de proceso de descarga



Fig. 8 Diagrama de proceso de descarga. Fuente: (Elaboración Propia)

Las operaciones de descarga de las cinco empresas fueron esquematizadas y simuladas, como en el proceso de carga. Los resultados confirmaron que se podía alcanzar el objetivo

esperado, resolviendo así la primera pregunta de investigación sobre los tiempos operativos promedio en carga y descarga.

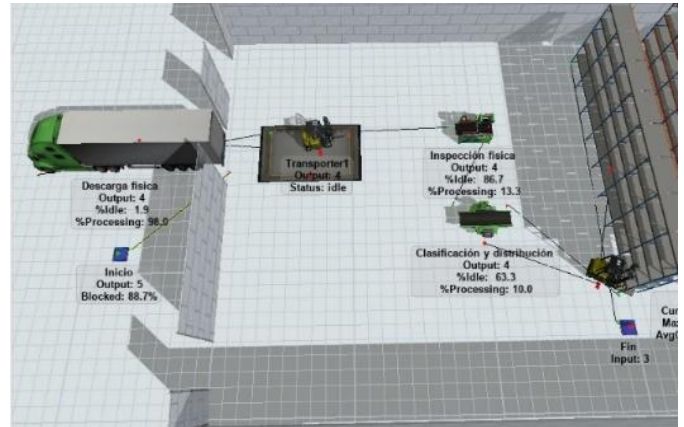


Fig. 9 Simulación en flexim basada en tiempo real del proceso descarga. Fuente: (Elaboración Propia)

Impacto de los sistemas ATLS

Tras analizar las operaciones de las empresas, se determinó que el sistema ATLS más adecuado es el de plataforma de placa deslizante, ya que permite cargar tanto mercancías paletizadas como a granel. Este sistema también facilita la descarga de mercancías. La automatización industrial busca mejorar precisión, eficiencia y seguridad reemplazando tareas manuales con tecnologías avanzadas como robots, cintas transportadoras, sensores y software especializado [18].

Se realizó para los procesos de las cinco empresas, un modelo base centrado en una única línea de productiva que operara con los tiempos registrados para cada actividad, de esta manera se conoce su productividad de forma virtual.

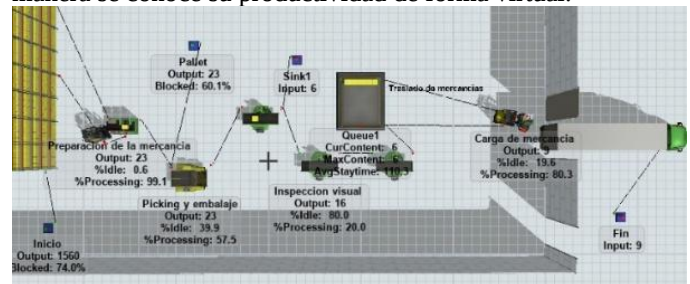


Fig. 10 Simulación en flexim basada en tiempo real del proceso de carga de una maquila de la ciudad de Choloma. Fuente: (Elaboración Propia)

En la fig 10 la simulación inicial mostró una capacidad de nueve liberaciones de contenedores en 10 horas. Al implementar virtualmente el sistema ATLS, reemplazando las operaciones manuales, y asignarle un tiempo de carga de 15 minutos en el software Flexsim, se evaluó el impacto en la productividad.

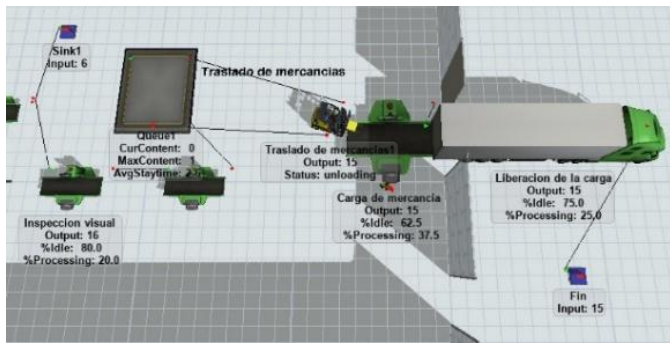


Fig. 11 Simulación en flexsim basada en tiempo real del proceso de carga de la ciudad de Choloma implementado un ATLS. Fuente: (Elaboración Propia)

Los sistemas ATLS reducen los tiempos operativos al permitir que una sola persona, desde un panel de control, realice tareas que antes requerían de dos a cuatro. Esto aumentó las liberaciones de carga, alcanzando quince, y redujo la etapa final a un operador para la carga y otro para la colocación. En la descarga, el impacto fue similar, incluso más evidente al inicio.

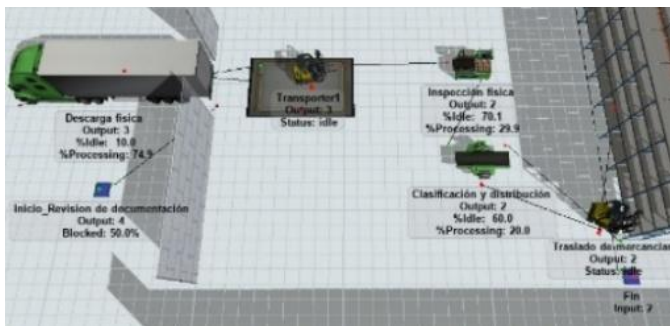


Fig. 12 Simulación en flexsim basada en tiempo real del proceso de descarga de una maquila de la ciudad de Choloma. Fuente: (Elaboración Propia)

En la operación que esta empresa realiza se observa que la descarga es un proceso bastante lento, ya que toma un tiempo significativo, así como la cantidad de contenedores descargados es equivalente a la cantidad de cargas ingresadas de forma exitosa en el inventario de la empresa. Sin embargo, al momento de implementar un ATLS se puede observar una mejora interesante. Fig. 13.

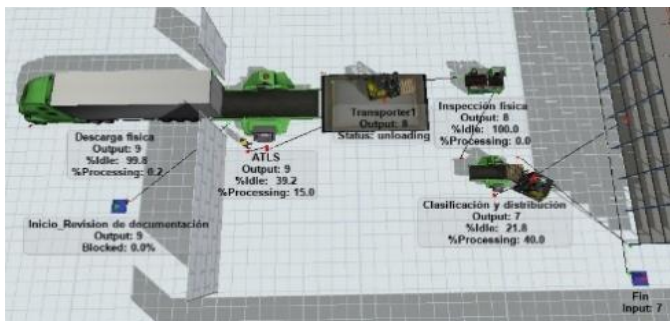


Fig. 13 Simulación en flexsim basada en tiempo real del proceso de descarga de una maquila de la ciudad de Choloma. Fuente: (Elaboración Propia)

Se puede obtener una cantidad de contenedores descargados tres veces mayor a la cantidad obtenida de forma tradicional y con un ingreso mayor de cargas de mercancías al inventario de la empresa. En el caso de las otras empresas suceden casos similares o poco significativos, la razón radica que pese a la existencia de un ATLS el resto de tareas de la operación siguen siendo lentas.

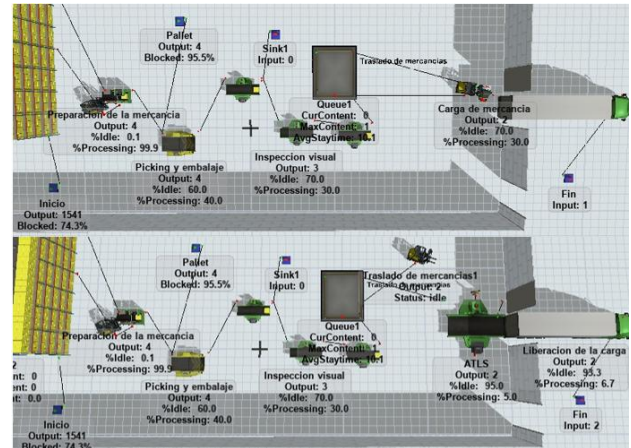


Fig. 14 Simulación en flexsim basada en tiempo real del proceso de carga con y sin ATLS de una maquila de la ciudad de San Pedro Sula. Fuente: (Elaboración Propia)

En el caso que se observó en la fig. 14 se retrata esta particularidad, aún con el sistema ATLS sigue sin presentar un avance significativo en su operación de carga por los tiempos que conlleva realizar el resto de las actividades. Ya que presentan tiempos de procesamiento mayores a los 30 minutos llegando a durar 2 horas para poder realizar dicha operación.

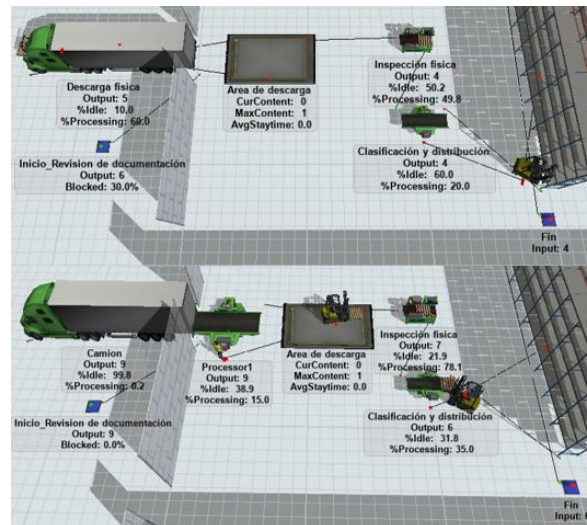


Fig. 15 Simulación en flexsim basada en tiempo real del proceso de descarga con y sin ATLS de una maquila de la ciudad de San Pedro Sula. Fuente: (Elaboración Propia)

En comparación al proceso de carga, la descarga presenta una mejoría con relación a la cantidad de contenedores descargados de cinco de manera tradicional a nueve de manera automatizada, y la cantidad de cargas ingresadas al inventario pasaron de cuatro a seis respectivamente. Para las demás operaciones se presentaron tiempos similares de operación y los resultados de la observación de la simulación virtual.

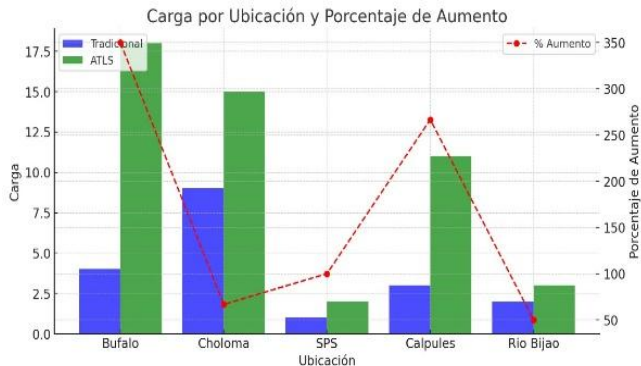


Fig. 16 Estadística de las simulaciones de carga. Fuente: (Elaboración Propia)

Las empresas mostraron variaciones significativas en el aumento de eficiencia. Bufalo y Calpules registraron los mayores incrementos (350% y 266.67%), seguidas por San Pedro Sula (100%) y Choloma (66.67%), mientras que Río Bijao tuvo el menor (50%). Estos resultados superan las expectativas y evidencian que la implementación de un ATLS mejora notablemente la eficiencia en las operaciones de carga.

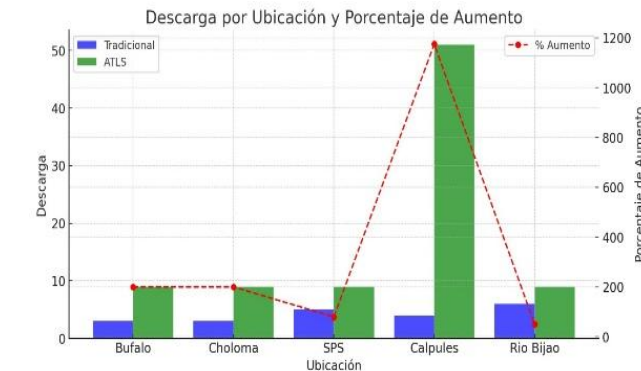


Fig. 17 Estadística de las simulaciones de descarga. Fuente: (Elaboración Propia)

En las operaciones de descarga se observó un patrón similar. Calpules destacó con un incremento del 1175%, indicando un gran impacto del ATLS. Bufalo y Choloma mostraron aumentos del 200%, San Pedro Sula un 80%, y Río Bijao nuevamente un 50%. Estos resultados confirman los beneficios consistentes de implementar sistemas ATLS.

Para poder calcular la reducción de los tiempos de operación se creó la siguiente función.

$$f(T\text{ tradicional}, T_{ATLS}) = \left(\frac{T\text{ tradicional} - T_{ATLS}}{T\text{ tradicional}} \right) \times 100 \quad (1)$$

TABLA 4
 REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN

Carga	Bijao	Choloma	Sps	Bufalo	Calpúles
Tiempo tradicional	60	35	45	160	55
Tiempo ATLS	15	15	15	15	15
%	0.75	0.57142857	0.66666667	0.90625	0.72727273

Fuente: (Elaboración Propia)

TABLA 5
 REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE OPERACIÓN

Descarga	Bijao	Choloma	Sps	Bufalo	Calpúles
Tiempo tradicional	60	120	60	120	120
Tiempo ATLS	10	10	10	10	10
%	0.83	0.91666667	0.83333333	0.91666667	0.91666667

Fuente: (Elaboración Propia)

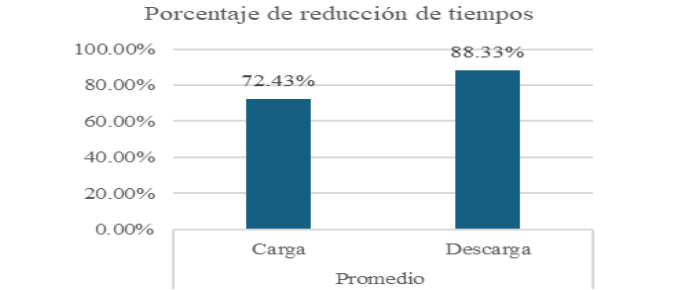


Fig. 18 Grafico del porcentaje de reducción de tiempos de operación. Fuente: (Elaboración Propia)

Las Tablas 4 y 5 muestran reducciones superiores al 50 % en los tiempos operativos, lo que representa una mejora significativa frente a los métodos tradicionales de carga y descarga en las cinco empresas. La Figura 18 presenta el promedio de estos porcentajes.



Fig. 19 Mapa de proceso: Protocolo de implementación ATLS. Fuente: (Elaboración Propia)

La Figura 19 presenta un protocolo general que sirve como punto de partida para la implementación de un sistema ATLS en las operaciones de una empresa. Aunque su aplicación puede variar según las particularidades de cada caso, el protocolo propone iniciar con una evaluación del contexto actual, seguida de la selección del tipo de sistema más adecuado y asequible. A continuación, se realiza un análisis de factibilidad y se diseña la implementación, resaltando la importancia de capacitar al personal en el uso del sistema. Finalmente, el proceso incluye una prueba piloto y una etapa de evaluación y optimización, lo que permite ajustar el sistema antes de su adopción definitiva.

V. CONCLUSIÓN

Estos resultados nos permiten observar que las cinco empresas participantes con sus actuales operaciones de carga y descarga tienen un alto grado de potencial de mejora al implementar un sistema ATLS, ya que el porcentaje de eficiencia y de reducción de tiempos nos reflejan que los beneficios técnicos son lo suficientemente grandes como para considerar la implementación de la automatización de esta operación logística apostando por la eficiencia. Los porcentajes de aumento de eficiencia sobrepasan el 100% en cuatro de los escenarios creados de manera virtual para la simulación como se observa en la fig.17 y fig.18. De esta manera también se pudo determinar que las operaciones de la mayoría de las empresas presentan varias áreas de mejora considerando los altos tiempos de operación que se observan en la fig. 6 y fig. 8. En cuanto a si es significativo el tiempo ahorrado que concede un ATLS podemos concluir que el hecho de que la operación de carga sea realizada en 15 minutos nos permite poder obtener un porcentaje de reducción de tiempo del 72.43% y en la descarga considerando que la operación se puede realizar en 10 minutos la reducción de tiempo conseguida es de un 88.33%; todo en comparación del método tradicional.

Se concluye, para optimizar resultados, es crucial no solo enfocarse en herramientas aisladas, sino analizar integralmente las áreas de mejora, como procesamiento de documentos, gestión de tickets, organización de inventario y revisión de mercancías, antes de implementar un sistema ATLS. El estudio revela que los sistemas de carga y descarga automática para camiones ofrecen beneficios significativos, pero es esencial considerar todos los procesos para el éxito operativo. Se debe de trabajar en la planificación de operaciones óptimas que apunten a la eficiencia del trabajo y de la seguridad de los colaboradores involucrados en el proceso.

REFERENCIAS

- [1] J. García and R. Muller, "Advanced logistics systems in the automotive sector: Case studies of ATLS implementation," *Logistics Research Journal*, 2021.
- [2] S. Kimura, "Industrial automation and the role of automated truck loading systems in modern logistics," *J. Logist. Supply Chain Manag.*, vol. 45, no. 3, pp. 215–230, 2023, doi: 10.1007/s10291-023-06784.

- [3] R. Bhandari and T. Singh, "Automated truck loading systems in modern logistics: Global trends and economic impacts," *Int. J. Logist. Manag.*, vol. 33, no. 1, pp. 45–60, 2022.
- [4] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and P. B. Lucio, *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill, 2018.
- [5] V. F. Medina, L. A. L. Gómez, and M. M. Lozano, "Impacto de la logística en Panamá," 2018.
- [6] N. G. Romero, R. J. Retana, and Y. L. Calderón, "Logística y globalización: Oportunidades para el desarrollo económico de Costa Rica," *Rev. Estudios*, 2021. [Online]: <https://doi.org/10.15517/re.v0i0.46038>
- [7] Asociación Hondureña de Maquiladores, *Informe anual de la Asociación Hondureña de Maquiladores: Análisis de eficiencia en zonas industriales de Honduras*. Asociación Hondureña de Maquiladores, 2018.
- [8] L. García and J. Muller, "Implementing ATLS: A comprehensive analysis of automation in logistics," *J. Logist. Transp. Res.*, vol. 19, no. 4, pp. 378–392, 2021.
- [9] X. Wang, S. Lee, and H. Kim, "Automation in warehousing and loading: Impacts on operational efficiency," *Logist. Rev.*, vol. 15, no. 3, pp. 200–215, 2020.
- [10] S. Bhandari and K. Singh, "Port logistics automation: The case of Rotterdam's ATLS integration," *Marit. Logist. Rev.*, 2022.
- [11] Y. Wang, C. Lee, and H. Kim, "Automation in retail logistics: Enhancing operational efficiency through ATLS," *J. Supply Chain Innov.*, 2020.
- [12] Secretaría de Desarrollo Económico, *Ley de Zonas Libres (Decreto No. 356)*, 2024. [Online]. Available: <https://sde.gob.hn>
- [13] CAUCA and RECAUCA, *Código Aduanero Uniforme Centroamericano y su Reglamento*. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2016. [Online]. Available: <https://www.sieca.int>
- [14] Congreso Nacional de Honduras, *Ley Constitutiva de las Zonas Industriales de Procesamiento para Exportaciones* (Decreto No. 37-87), 1987.
- [15] Simec, "TELESCOPIO. Truck container loading and unloading solutions." [Online] Recuperado 11 de enero de 2025, de <https://simecsystems.com/es/telescopio/>
- [16] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, Jun. 21, 2017. [Online]: <https://tusharaneyrao.wordpress.com/wp-content/uploads/2019/12/fundamentals-of-modern-manufacturing-materials-processes-and-systems.pdf>
- [17] J. Sterman, *Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World*, 2000. [Online]. Available: [http://lst-iiiep.unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/\[in=epidoc1.in\]/?t2000=013598/\(100](http://lst-iiiep.unesco.org/cgi-bin/wwwi32.exe/[in=epidoc1.in]/?t2000=013598/(100)
- [18] R. Sanchis Llopis, J. A. Romero Pérez, and C. V. Ariño Latorre, *Automatización industrial*. Universitat Jaume I, 2010. [Online]: <http://archive.org/details/2010AutomatizacionIndustrial>
- [19] Logistics Cluster, "Honduras: Infraestructura logística," 2022. [Online]: <https://lca.logcluster.org/es/honduras-2-infraestructura-logistica>
- [20] A. Osterwalder and Y. Pigneur, *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. Wiley, 2010.
- [21] Secretaría de Desarrollo Económico (SDE), *Ley de las Zonas Industriales de Procesamiento para Exportaciones*, 2017. [Online]. Available: <https://sde.gob.hn/wp-content/uploads/2017/07/Ley-de-las-Zonas-Industriales-de-Procesamiento-para-Exportaciones.pdf>
- [22] H. Zhang and W. Liu, "Automation trends in logistics: A review of current developments," *J. Transp. Logist.*, vol. 25, no. 2, pp. 150–170, 2022.