



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“La industria 4.0 y su impacto en la eficiencia operativa en el
sector industrial utilizando (IoT, Big Data, Inteligencia
Artificial)”**

Autor:

Chávez López Edison Nathan

Tutor de Titulación:

Bernal Barcia Erika Cleopatra

Manta - Manabí - Ecuador

2024

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y ARQUITECTURA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“La industria 4.0 y su impacto en la eficiencia operativa en el
sector industrial utilizando (IoT, Big Data, Inteligencia
Artificial)”**

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito para obtener el título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Aprobado por el Tribunal Examinador:

DECANO DE LA FACULTAD
Dr.Arq. Héctor Cedeño Zambrano

DIRECTOR
Ing. Loor Vélez David Lizandro

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

Certificación del Tutor

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **Edison Nathan Chávez López**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Industrial, período académico **2025-1**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“La industria 4.0 y su impacto en la eficiencia operativa en el sector industrial utilizando (IoT, Big Data, Inteligencia Artificial)”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.


Ing. Bernal Barcia Erika Cleopatra.
TUTOR DE TITULACIÓN

Declaración de Autoría de Tesis

Chávez López Edison Nathan, estudiante de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería Industrial, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **“La industria 4.0 y su impacto en la eficiencia operativa en el sector industrial utilizando (IoT, Big Data, Inteligencia Artificial)”**. Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Bernal Barcia Erika Cleopatra y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Chávez López Edison Nathan
C.I. 1316250776



Ing. Bernal Barcia Erika Cleopatra
C.I. 1306266097

Manta, Agosto 2025

Dedicatoria

Dedico esta tesis a las personas que han sido mi apoyo constante a lo largo de este recorrido. A mi familia, quienes con su amor y sacrificio me han dado la fuerza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por su paciencia, por creer en mí y por ser mi refugio cuando más lo necesitaba. Su amor incondicional ha sido el motor que me impulsó a nunca rendirme.

A mis amigos, quienes compartieron risas, consejos y apoyo en cada etapa de este proceso. Gracias por estar presentes no solo en los momentos de alegría, sino también en los de incertidumbre. Su amistad ha sido una fuente de motivación que me ayudó a mantenerme firme en mis objetivos.

Y, por supuesto, a mis maestros que, con su generosidad y sabiduría, me guiaron en este camino. Sus enseñanzas, consejos y constante acompañamiento fueron esenciales para superar los retos y avanzar con determinación. Gracias por su dedicación y por brindarme las herramientas necesarias para llegar hasta aquí.

Este trabajo es el resultado de su apoyo, amor y confianza, y sin ustedes, no habría sido posible alcanzar este logro.

.

Reconocimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas y entidades que han sido fundamentales para la culminación de este trabajo de investigación.

A mi familia, por su amor incondicional, paciencia y apoyo durante todo el proceso. Gracias por su comprensión, por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre y por siempre creer en mí.

A los docentes y tutores que, con su sabiduría, orientación y compromiso, me guiaron en este camino. Sus valiosos consejos, su constante motivación y su disposición para ayudarme en cada etapa del proyecto fueron esenciales para el desarrollo de esta tesis.

A mis compañeros de estudio, por compartir sus conocimientos, opiniones y por ser una fuente constante de inspiración y apoyo. La colaboración mutua fue clave para fortalecer este trabajo.

A las instituciones y entidades que facilitaron los recursos y materiales necesarios para realizar esta investigación, y por brindarme las herramientas necesarias para llevarla a cabo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, aunque no mencionadas aquí específicamente, contribuyeron de alguna forma al éxito de este proyecto. Su apoyo y confianza en mí fueron esenciales para lograr este objetivo.

Índice de Contenido

Certificación del Tutor	iii
Declaración de Autoría de Tesis	iv
Dedicatoria.....	v
Reconocimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	ix
Resumen Ejecutivo	ix
Introducción	1
Planteamiento del problema	2
Formulación del problema	5
Objetivos.....	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Justificación	7
1 Capítulo	9
Fundamentación Teórica	9
1.1 Antecedentes Investigativos	9
1.2 Bases Teóricas	12
1.2.1 Industria 4.0: Definición y evolución.....	12
1.2.2 Eficiencia operativa en el sector industrial: Definición y evolución	13
1.2.3 Tecnologías clave de la Industria 4.0.....	14
1.3 Marco Metodológico	29
1.3.1 Modalidad Básica de la Investigación	29

1.3.2	Enfoque	30
1.3.3	Nivel de investigación	30
1.3.4	Población de estudio	30
1.3.5	Tamaño de la muestra	31
1.3.6	Técnicas de recolección de datos	32
1.3.1	Plan de recolección de datos	33
1.3.2	Procesamiento de la Información.....	34
2	Capítulo	35
2.1	Resultados.....	35
	Situación Inicial de las Empresas Antes de la Implementación de Tecnologías de la Industria 4.0	35
2.1.1	Situación Inicial de FedEx (Sector Logístico)	37
2.1.2	Situación Inicial de Gullón (Sector Alimentario)	40
2.1.3	Situación Inicial de FANUC (Sector Manufacturero)	43
2.2	Análisis de la Adopción de la Industria 4.0 en Ecuador y América Latina: Estrategias para Mejorar la Eficiencia Operativa en Sectores Clave	45
2.2.1	Sectores clave en Ecuador y América Latina: Mejora de la eficiencia operativa mediante la adopción de IoT, Big Data e IA	46
2.2.2	Recomendaciones para mejorar la adopción de tecnologías en sectores clave	46
3	Capítulo	47
3.1	Resultados.....	47
3.2	Resultados de la Revisión Sistemática	48
3.2.1	Número y porcentaje de artículos publicados por palabras clave.	
	54	
4	Conclusiones	56
4.1	Recomendaciones	58
	Bibliografía.....	61

5	Anexos.....	66
5.1	Presupuesto	66
5.2	Cronograma.....	66

Índice de Tablas

Tabla 0-1	33
Tabla 2-1	36
Tabla 2-2	38
Tabla 2-3	39
Tabla 2-4	41
Tabla 2-5	42
Tabla 2-6	43
Tabla 2-7	44
Tabla 3-1	48
Tabla 3-2	49
Tabla 3-3	54
Tabla 5-1	66
Tabla 5-2	66

Índice de Figuras

Figura 1	36
Figura 2	49
Figura 3	55

Resumen Ejecutivo

La Industria 4.0 representa una transformación significativa en los sistemas productivos mediante la integración de tecnologías avanzadas como el Internet

de las Cosas (IoT), el Big Data y la inteligencia artificial (IA), impactando directamente en la eficiencia operativa de las empresas. Este estudio aborda cómo estas tecnologías han sido implementadas en diversos sectores industriales, identificando casos de éxito y desafíos en su adopción. Además, se analizan los factores que limitan la integración de estas tecnologías, como la falta de inversión, capacitación y resistencia al cambio. Se busca proporcionar recomendaciones que promuevan una transición efectiva hacia la digitalización industrial, mejorando la competitividad del sector empresarial ecuatoriano en el mercado global.

En naciones desarrolladas, la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 ha generado mejoras sustanciales en productividad y reducción de costos. Sin embargo, en América Latina, la adopción ha sido desigual debido a limitaciones económicas y culturales. Este trabajo enfatiza la necesidad de estrategias nacionales y regionales que impulsen la adopción de estas herramientas, destacando su potencial para transformar sectores como la manufactura, logística y agricultura. A través de un enfoque bibliográfico y descriptivo, este análisis ofrece una base para fomentar la eficiencia operativa y competitividad del sector industrial en Ecuador y en otros países en desarrollo.

Palabras clave:

Industria 4.0, Eficiencia operativa, Internet de las Cosas (IoT), Big Data, Inteligencia artificial (IA), Digitalización, Automatización, Competitividad industrial, Transformación digital, Sustentabilidad.

Introducción

La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, ha generado una transformación profunda en los sistemas productivos mediante la integración de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la inteligencia artificial (IA). Estas herramientas permiten la automatización, digitalización y optimización de procesos, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y mejorando significativamente la productividad y la eficiencia operativa de las empresas. A nivel global, su implementación ha marcado un hito en la competitividad industrial, redefiniendo las dinámicas de producción y consumo.

En países desarrollados como Alemania, Estados Unidos y China, la adopción de estas tecnologías ha sido sistemática y estratégica, impulsando mejoras en productividad, reducción de costos y sostenibilidad. Sin embargo, en América Latina, y particularmente en Ecuador, la adopción de la Industria 4.0 enfrenta barreras significativas, como la limitada inversión, el desconocimiento sobre sus beneficios y la resistencia al cambio cultural.

El presente estudio se enfoca en analizar cómo las tecnologías de la **Industria 4.0** impactan la eficiencia operativa en distintos sectores industriales, evaluando casos de éxito y obstáculos en su implementación. Se pretende identificar los factores que influyen en la adopción del **IoT**, **Big Data** e **IA**, para proponer estrategias que faciliten la transición hacia la digitalización. Este análisis se desarrolla bajo un enfoque bibliográfico y descriptivo, lo que permite generar un marco de referencia útil para la toma de decisiones en contextos empresariales.

En donde la brecha tecnológica respecto a los países desarrollados es evidente, este análisis adquiere relevancia al ofrecer una visión crítica y práctica para superar los desafíos de adopción de la **Industria 4.0**. El trabajo busca promover estrategias que optimicen la eficiencia operativa, fomentando la competitividad y la sostenibilidad del sector industrial en el mercado global. Con ello, se aspira a contribuir al fortalecimiento de la economía ecuatoriana y a su integración en las dinámicas de la cuarta revolución industrial.

Planteamiento del problema

La cuarta revolución industrial, conocida como Industria 4.0, está transformando profundamente los sistemas productivos mediante la integración de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la inteligencia artificial (IA), estas tecnologías permiten la automatización y digitalización de los procesos industriales, generando mejoras significativas en la eficiencia operativa de las empresas (Schmidt, 2021).

Países desarrollados como Alemania, Estados Unidos y China han avanzado rápidamente en la adopción de estas tecnologías, lo que les ha permitido aumentar la productividad, reducir costos y mejorar la toma de decisiones mediante el análisis de grandes volúmenes de datos en tiempo real (Peña, 2022).

Sin embargo, los países de América Latina enfrentan importantes desafíos en la implementación de la Industria 4.0, factores como la falta de inversión en tecnología, el desconocimiento sobre sus beneficios y el temor a los cambios disruptivos han limitado la adopción de estas herramientas. Esto ha resultado en una brecha significativa entre las empresas latinoamericanas y las de los países más desarrollados, lo que pone en riesgo la competitividad y la sostenibilidad de sus operaciones industriales a largo plazo (Rey Sánchez, 2022).

Este estudio busca analizar cómo las tecnologías de la Industria 4.0 están impactando la eficiencia operativa en diversos sectores industriales, evaluando tanto casos de éxito como aquellas empresas donde la adopción ha sido limitada. Se pretende, además, identificar los factores clave que influyen en la implementación del IoT, Big Data e IA, con el fin de proporcionar recomendaciones que faciliten la transición hacia la digitalización industrial en América Latina, mejorando así su competitividad en el mercado global (Rozo-García, 2020).

A nivel mundial, la Industria 4.0 ha marcado un hito en la transformación de los sectores productivos mediante la integración de tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y la inteligencia artificial (IA). Estas innovaciones han permitido a las empresas automatizar y optimizar sus procesos en tiempo real, lo que ha resultado en una mejora significativa de la eficiencia operativa. Según estudios globales, la adopción de estas tecnologías no solo mejora la productividad, sino que también reduce costos y fomenta una toma de decisiones más informada basada en el análisis masivo de datos.

En los países desarrollados, como Alemania, Estados Unidos y China, la Industria 4.0 ha sido implementada de manera sistemática y a gran escala, permitiendo a estas naciones mantenerse a la vanguardia de la competitividad industrial global. Estas economías avanzadas han destinado importantes inversiones en infraestructura tecnológica y capacitación de personal, lo que les ha permitido consolidar su liderazgo en la cuarta revolución industrial.

En contraste, en países en desarrollo como Ecuador, la implementación de la Industria 4.0 se enfrenta a retos significativos. Factores como la limitada inversión en infraestructura tecnológica, la escasez de personal capacitado y una resistencia cultural al cambio han frenado la adopción de estas tecnologías en el sector industrial. A pesar de los esfuerzos globales para cerrar la brecha tecnológica aún

enfrenta desafíos importantes para alinearse con las tendencias de digitalización global.

A medida que el mercado global se vuelve más interconectado y dependiente de la tecnología, la falta de integración de la Industria 4.0 coloca al país en una situación vulnerable frente a la competitividad internacional, lo que resalta la necesidad urgente de una estrategia nacional que fomente la adopción de estas tecnologías (Zamorano, 2021).

En América Latina, refleja muchos de los desafíos que enfrentan los países de la región en la adopción de la Industria 4.0. A nivel regional, la adopción de tecnologías como el IoT, Big Data e IA ha sido desigual, con países como Brasil y México mostrando avances significativos en comparación con otros.

Ecuador, aunque ha comenzado a implementar estas tecnologías en sectores específicos, como la agricultura y la energía, aún está en una etapa temprana de adopción. La infraestructura tecnológica del país es limitada, especialmente en las áreas rurales, lo que representa una barrera para la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas que permitan la automatización de los procesos productivos (Valero Portilla Ceudiel Alexis, 2021).

En las industrias más urbanizadas de Ecuador, como las ubicadas en Quito y Guayaquil, algunas empresas han comenzado a invertir en soluciones de Industria 4.0, pero la mayoría de estas iniciativas provienen de grandes corporaciones con recursos suficientes para soportar las costosas inversiones iniciales en tecnología e infraestructura. Las pequeñas y medianas empresas (PYMES), que representan una parte sustancial del tejido industrial ecuatoriano, se ven particularmente afectadas por la falta de recursos para adoptar estas tecnologías, lo que limita su capacidad para competir en un mercado global que exige innovación y eficiencia (Barrientos-Avendaño, 2022).

Adicionalmente, el sector académico ecuatoriano está comenzando a adaptarse a esta nueva realidad tecnológica, con algunas instituciones incorporando programas de formación en áreas como la inteligencia artificial y el análisis de Big Data, aunque estos esfuerzos aún no han tenido un impacto sustancial en la preparación de la fuerza laboral para enfrentar los retos de la Industria 4.0 (Sousa Santos, 2021).

Los desafíos para implementar la Industria 4.0 son aún más evidentes en sectores específicos como la manufactura, la agricultura y la logística, que constituyen pilares importantes de la economía nacional. En ciudades industriales como Guayaquil, donde el sector manufacturero es clave, la falta de inversión en tecnologías avanzadas ha impedido a muchas empresas mejorar su eficiencia operativa. Aunque algunas grandes empresas han comenzado a incorporar soluciones basadas en IoT y Big Data, la gran mayoría de las PYMES continúan operando con procesos manuales y tecnologías obsoletas, lo que limita su capacidad para mejorar su competitividad y reducir costos (Barrientos-Avendaño, 2022).

En el sector agrícola, que es vital para la economía de regiones como la Sierra y la Costa, la adopción de la Industria 4.0 es aún más incipiente. El IoT y el Big Data podrían ofrecer beneficios significativos, como la optimización de los recursos hídricos y la mejora de la productividad mediante el monitoreo en tiempo real de cultivos y condiciones ambientales. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada y la resistencia de los productores a adoptar tecnologías nuevas han limitado su implementación (Torricella-Morales, 2020).

Formulación del problema

¿Cómo puede el sector industrial en Ecuador adoptar las tecnologías de la Industria 4.0? y mejorar su eficiencia operativa mediante la implementación del IoT, Big Data e IA?

Preguntas directrices:

- ¿Qué bases de datos académicas son más adecuadas para investigar sobre la Industria 4.0?, IoT, Big Data y su impacto en la eficiencia operativa, y cuáles son los criterios de búsqueda recomendados para estudios recientes?
- ¿Cómo se han clasificado y analizado los estudios sobre la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0? en diferentes sectores industriales, y qué enfoques metodológicos se han utilizado para evaluar su impacto en la eficiencia operativa?
- ¿Qué factores influyen en la adopción de IoT, Big Data e IA en la industria, y cómo se comparan los casos de éxito con aquellos donde la implementación ha sido limitada en términos de su relación con la eficiencia operativa?

Objetivos

Objetivo General

- Analizar cómo la digitalización y las tecnologías de la Industria 4.0 (IoT, Big Data, inteligencia artificial) están mejorando la eficiencia operativa.

Objetivos Específicos

- Seleccionar bases de datos académicas (Scopus, Google Académico) y establecer criterios de búsqueda, con palabras clave como "Industria 4.0", "IoT", "Big Data", y "Eficiencia Operativa", limitando la investigación a estudios de los últimos 5 años.
- Analizar estudios sobre la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, revisando enfoques y metodologías en distintos sectores industriales y evaluando su impacto en la eficiencia operativa.
- Comparar casos de estudio exitosos, identificando los factores que influyen en la implementación de IoT, Big Data e IA, y su relación con la eficiencia operativa.

Justificación

La digitalización impulsada por la Industria 4.0 supone un avance transformador en los sistemas productivos, con un potencial considerable para mejorar la eficiencia operativa en el sector industrial. A través de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data e Inteligencia Artificial (IA), las organizaciones pueden automatizar procesos, optimizar operaciones y tomar decisiones informadas con datos en tiempo real, lo cual les permite adaptarse rápidamente a las demandas del mercado (Schmidt, 2021). Esta investigación se justifica por la necesidad de analizar el impacto de estas tecnologías en la eficiencia industrial y, en especial, en el contexto ecuatoriano, donde su adopción podría traer beneficios sustanciales.

En naciones como Alemania, Estados Unidos y China, la implementación de estas tecnologías ha llevado a incrementos notables en productividad y reducción de costos, consolidando su competitividad a nivel global (Peña, 2022). Sin embargo, en América Latina, y particularmente en Ecuador, la adopción de las tecnologías de Industria 4.0 enfrenta diversas limitaciones, como la falta de inversión y de conocimiento, además del temor al cambio tecnológico. Estas barreras han generado una importante brecha entre los países desarrollados y aquellos en proceso de adaptación, lo que podría afectar la sostenibilidad y competitividad de las industrias ecuatorianas a largo plazo (Rey Sánchez, 2022).

El objetivo de este estudio es ofrecer un análisis profundo sobre cómo estas tecnologías pueden mejorar la eficiencia operativa en un contexto de empresas latinoamericanas, identificando los elementos clave que permitan a Ecuador y otros países de la región cerrar esta brecha tecnológica. La integración de la Industria 4.0, por tanto, no solo incrementaría la productividad industrial en Ecuador, sino que también contribuiría a su sostenibilidad y a la fortaleza de su economía.

Este estudio también explora tanto casos de éxito como empresas con una adopción limitada de IoT, Big Data e IA en diferentes sectores, proporcionando una visión comparativa que identifique factores determinantes para una

implementación efectiva. Este análisis comparativo es fundamental para proponer recomendaciones prácticas que puedan ser implementadas en empresas ecuatorianas, adaptadas a su contexto y capacidades (Rozo-García, 2020). Con esto, se pretende facilitar el proceso de digitalización de la industria en el país.

Más allá de identificar los obstáculos específicos del sector industrial ecuatoriano, el estudio profundiza en los beneficios y aplicaciones prácticas de la Industria 4.0 para optimizar la eficiencia operativa. A través del análisis de investigaciones recientes y de datos de fuentes académicas, se obtendrá una comprensión amplia de las mejoras potenciales que estas herramientas digitales pueden aportar a procesos productivos, logística y toma de decisiones.

En este sentido, la investigación tiene el potencial de contribuir al desarrollo del conocimiento en el ámbito de la transformación digital en América Latina y, de manera particular, en Ecuador. Dado que el país enfrenta desafíos de infraestructura y desarrollo tecnológico, este estudio ofrece una exploración de estrategias viables que permitan fortalecer su sector industrial y mejorar su competitividad.

Asimismo, la investigación responde a la creciente demanda de estudios sobre la implementación de la Industria 4.0 en la región, abordando las particularidades de los retos y las oportunidades propias del contexto latinoamericano. Se espera que los resultados obtenidos ofrezcan información útil para empresarios, académicos y gestores de políticas públicas, quienes podrán aplicar estos conocimientos para orientar la adopción tecnológica y maximizar el impacto en la productividad.

Esta investigación no solo representa una contribución académica, sino que también ofrece una herramienta práctica para el sector empresarial. Al analizar cómo la Industria 4.0 influye en la eficiencia operativa, se busca incentivar la inversión en tecnologías como IoT, Big Data e IA en el sector industrial ecuatoriano, impulsando una visión de transformación digital que promueva su competitividad y sostenibilidad en el mercado global.

1 Capítulo

Fundamentación Teórica

1.1 Antecedentes Investigativos

Rozo-García, Colombia (2020), en la investigación titulada *"Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0,"* realizada en la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga, tuvo como objetivo analizar las tecnologías que conforman la industria 4.0 y su impacto en diversos sectores de la sociedad. Se utilizó una metodología de Revisión Sistemática de la Literatura para sintetizar las tendencias y avances tecnológicos recientes. Como resultado, se evidenció que la velocidad de innovación y los cambios tecnológicos sin precedentes son factores clave que caracterizan esta nueva revolución industrial. Se concluyó que es necesario realizar un análisis crítico desde múltiples perspectivas (económica, social y ambiental) para adaptarse a estos cambios, con el objetivo de mejorar la calidad de vida. Además, se observó que la digitalización está transformando no solo el ámbito industrial, sino también la forma en que se trabaja y se establecen relaciones.

Saa Zamorano, Colombia (2021), en su investigación titulada "Revisión Sistemática de la Literatura sobre la implementación de la Industria 4.0," tuvo como objetivo analizar el grado de adaptación de diferentes países a las tecnologías de la Industria 4.0. Utilizando una metodología de revisión sistemática de la literatura, la investigación identificó que los países desarrollados, como Alemania y China, lideran la implementación de la Industria 4.0 debido a su enfoque innovador y estratégico. En contraste, los países de América Latina, como Colombia y Chile, enfrentan barreras significativas como el desconocimiento y la falta de inversión, lo que limita su adopción de estas tecnologías. El estudio concluye que, aunque algunos países han avanzado rápidamente en esta revolución industrial, la mayoría de las economías latinoamericanas aún enfrentan desafíos importantes para

adaptarse a la Industria 4.0, mientras que países como Alemania, China y Japón continúan liderando en innovación y competitividad a nivel mundial.

Estévez Bonilla, Ambato, Ecuador (2022), en su investigación titulada *"Control de la Producción e Industria 4.0 en las Empresas de la Ciudad de Ambato,"* realizada en el Instituto Superior Tecnológico España, tuvo como objetivo analizar los beneficios, impactos y desafíos de la implementación de la Industria 4.0 en los procesos productivos de las empresas de la región. A través de una metodología cualitativa, se examinaron los efectos de la automatización y el uso de inteligencia artificial en la optimización de la producción de bienes y servicios. Los resultados indicaron que la Industria 4.0 permite desarrollar industrias inteligentes con un alto grado de confiabilidad tanto en los procesos productivos como en la información generada. Las conclusiones subrayan que el mayor impacto de esta tecnología reside en la seguridad de la información, esencial para una adecuada toma de decisiones, así como en la reducción de costos de producción mediante la optimización y automatización de los procesos.

Barrientos-Avendaño et al, en Colombia (2022), en su investigación titulada *"Industria 4.0 impacta las pequeñas y medianas empresas,"* realizada en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), tuvo como objetivo analizar la implementación y efectos de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Mediante una metodología cualitativa, se exploró cómo estas empresas pueden aplicar tecnologías emergentes en la planificación y control de la producción, aunque no se abordaron los pronósticos debido a la diversidad de métodos cuantitativos disponibles. Los resultados destacaron el uso de la Industria 4.0 en la programación y control de operaciones, identificando una escasez de estudios sobre la gestión de inventarios en este contexto. El estudio concluyó que, si bien se ha avanzado en la adopción de estas tecnologías, las PYMES enfrentan retos en la automatización de procesos, gestión de la cadena de suministro y ciberseguridad, sugiriendo la necesidad de más investigaciones sobre la transición tecnológica, sostenibilidad y resiliencia operativa en el marco de la Industria 4.0.

Pilla Tituaña y Quinteros Chávez Quito, Ecuador (2022), en su investigación titulada *"Estado del arte sobre la aplicación de la industria 4.0 en los sistemas de planificación y control de operaciones,"* realizada en el Instituto Tecnológico Edwards Deming, se propusieron analizar el impacto y la implementación de la Industria 4.0 en la planificación y control de operaciones dentro de las empresas. Utilizando una metodología cualitativa, el estudio abordó cómo las tecnologías emergentes afectan los procesos productivos, aunque se destacó que no se profundizó en las aplicaciones de la Industria 4.0 en pronósticos y previsiones debido a la diversidad de métodos cuantitativos existentes. Los hallazgos indicaron que existe una escasez de literatura enfocada en la gestión de inventarios bajo el contexto de Industria 4.0, con énfasis en la optimización de la planificación operativa de materiales y capacidades. Las conclusiones resaltaron la necesidad de investigar métodos matemáticos que optimicen la producción y la gestión operativa, así como la importancia de estudiar la transición tecnológica en pequeñas y medianas empresas, el impacto en la cadena de suministro y los riesgos asociados a ciberataques, contribuyendo así al desarrollo sostenible en el ámbito industrial.

Los proyectos presentados son fundamentales para la investigación, ya que ofrecen un panorama amplio sobre la implementación de la Industria 4.0 en diferentes contextos geográficos y económicos. Estos estudios destacan cómo los países desarrollados, como Alemania, China y Estados Unidos, han liderado la adopción de tecnologías avanzadas, consolidándose como pioneros en la transformación digital industrial mediante estrategias nacionales, tales como "Made in China 2025" o el "movimiento maker" en Alemania, que han impulsado significativamente la productividad y competitividad en estos países. Por otro lado, los estudios sobre América Latina, específicamente en Colombia, México y Brasil, evidencian que estas economías enfrentan barreras específicas, como la falta de recursos económicos, el desconocimiento de las nuevas tecnologías y una marcada resistencia al cambio. Estas dificultades son cruciales para entender por qué la adopción de la Industria 4.0 ha sido más lenta en la región. Además, la situación del sistema educativo en países como México, donde se subraya la necesidad de actualizar los planes de estudio

para alinearlos con las demandas de la cuarta revolución industrial, añade una dimensión importante a la discusión. En conjunto, estos antecedentes proporcionan una base comparativa invaluable que permitirá a la investigación identificar tanto las mejores prácticas internacionales como los principales desafíos locales para la integración de tecnologías 4.0 en las empresas, ofreciendo así la oportunidad de diseñar estrategias que superen las barreras existentes y promuevan el desarrollo tecnológico y la competitividad de las economías emergentes.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Industria 4.0: Definición y evolución

La Industria 4.0 es el término que define la cuarta revolución industrial, impulsada por la digitalización y la automatización avanzada de los sistemas productivos. Esta etapa se caracteriza por la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la inteligencia artificial (IA), que permiten el intercambio continuo de información y la toma de decisiones autónomas en tiempo real (Mazzaferro, 2020). A diferencia de las revoluciones industriales anteriores, la Industria 4.0 no solo se centra en la mecanización o automatización, sino en la creación de fábricas inteligentes donde las máquinas, los productos y los sistemas están interconectados, mejorando la eficiencia operativa y facilitando un entorno de producción flexible y adaptable (Melchior, 2020)

La evolución de la Industria 4.0 está íntimamente relacionada con los avances tecnológicos desarrollados desde principios del siglo XXI. Conceptos como los sistemas ciberfísicos y el uso masivo de datos se han convertido en pilares fundamentales para transformar los modelos de negocio y producción (Murphie A., 2003). Estos sistemas permiten una comunicación constante entre el entorno físico y digital, lo que optimiza los procesos de manufactura y reduce tiempos de inactividad a través del mantenimiento predictivo. Además, tecnologías como el Big Data facilitan el análisis de grandes volúmenes de información, permitiendo identificar patrones que favorecen la mejora continua y la toma de decisiones estratégicas (A, 2021)

La implementación de la Industria 4.0 ha generado un impacto considerable en diversas industrias, contribuyendo a una mayor eficiencia operativa. Las empresas que han adoptado estas tecnologías reportan mejoras significativas en términos de productividad, calidad y reducción de costos operativos (K., 2021). Asimismo, la capacidad de los sistemas para adaptarse en tiempo real a las demandas del mercado y las condiciones operativas ha permitido una producción más personalizada y eficiente, favoreciendo la competitividad global. La evolución de la Industria 4.0 ha revolucionado el panorama industrial, con un enfoque en la conectividad, el análisis de datos y la automatización inteligente, abriendo nuevas oportunidades para optimizar la eficiencia en el sector productivo.

1.2.2 Eficiencia operativa en el sector industrial: Definición y evolución

La eficiencia operativa en el sector industrial se refiere a la capacidad de una organización para maximizar la producción de bienes y servicios utilizando la menor cantidad de recursos posibles, incluyendo tiempo, dinero, mano de obra y materiales (Peña, 2022). Este concepto implica la optimización de los procesos productivos, de modo que se minimicen los desperdicios y los tiempos de inactividad, mejorando así la productividad general de la empresa. La eficiencia operativa se ha convertido en un factor clave para la competitividad en un mercado globalizado, en el que las empresas buscan constantemente formas de mejorar sus resultados operativos sin aumentar sus costos (Schmidt, 2021)

La evolución del concepto de eficiencia operativa ha estado estrechamente relacionada con el desarrollo tecnológico y la automatización de los procesos industriales. En las primeras revoluciones industriales, la eficiencia se alcanzaba principalmente a través de la mecanización y la estandarización de las líneas de producción. Sin embargo, con la llegada de la cuarta revolución industrial, conocida como Industria 4.0, el enfoque ha cambiado hacia el uso de tecnologías digitales avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la inteligencia artificial (IA), que permiten una toma de decisiones más precisa y en tiempo real (Müller, 2020). Estas herramientas permiten a las

empresas monitorear de manera continua sus operaciones y ajustarlas de forma automática para optimizar el uso de los recursos.

En los últimos años, la eficiencia operativa en el sector industrial ha mejorado significativamente gracias a la implementación de tecnologías emergentes. La automatización y la digitalización de los procesos permiten a las empresas identificar y resolver problemas antes de que afecten la producción, lo que se traduce en una mayor fiabilidad y reducción de costos operativos (Nam, 2021). Además, la capacidad de predecir demandas del mercado y ajustar la producción en consecuencia ha permitido a las empresas adaptarse rápidamente a los cambios del entorno, mejorando su capacidad de respuesta y su competitividad en el mercado global, la evolución de la eficiencia operativa ha pasado de enfoques mecánicos a estrategias digitales, transformando la forma en que las empresas gestionan sus recursos y optimizan sus operaciones.

1.2.3 Tecnologías clave de la Industria 4.0

La Industria 4.0 se basa en un conjunto de tecnologías clave que permiten la digitalización y automatización avanzada de los procesos industriales. Entre estas, el Internet de las Cosas (IoT) ocupa un lugar destacado, ya que permite la interconexión de dispositivos y máquinas a través de redes que recolectan, analizan y transmiten datos en tiempo real (Castillo-Vergara, 2024). Esta interconexión facilita el monitoreo constante y la optimización de las operaciones, mejorando la eficiencia operativa. Además, el IoT proporciona la base para otros desarrollos tecnológicos al permitir la comunicación entre los sistemas físicos y digitales, lo que resulta en fábricas inteligentes capaces de tomar decisiones autónomas (Jaume Martínez, 2020).

Otra tecnología clave es el Big Data, que consiste en la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos generados por los dispositivos conectados en las fábricas (Lovellette, 2020). Estos datos, cuando se analizan mediante algoritmos avanzados, proporcionan información valiosa para mejorar los procesos de producción, predecir fallos y personalizar productos. El análisis de Big Data permite identificar patrones y tendencias que mejoran la toma de decisiones en tiempo real, lo que lleva a una producción más eficiente y a la

reducción de desperdicios. Este tipo de análisis es fundamental para optimizar la cadena de suministro y responder rápidamente a las fluctuaciones del mercado (Pérez, 2020).

Finalmente, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático también son tecnologías esenciales en la Industria 4.0. La IA permite automatizar procesos que tradicionalmente requerían intervención humana, como el control de calidad o el mantenimiento predictivo (Aguilar, 2021). Además, mediante el aprendizaje automático, los sistemas pueden mejorar su rendimiento a lo largo del tiempo, aprendiendo de los datos recolectados para tomar decisiones más precisas y eficientes. Esta capacidad de adaptación y mejora continua es lo que permite a las empresas optimizar sus operaciones de forma constante y alcanzar mayores niveles de eficiencia y productividad en el entorno competitivo actual.

1.2.3.1 Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) es una de las tecnologías clave de la Industria 4.0, permitiendo la interconexión de dispositivos a través de redes digitales para recopilar, analizar y compartir datos en tiempo real (Wang, 2021). En el sector industrial, el IoT transforma los sistemas tradicionales al proporcionar una plataforma para la integración de sensores y máquinas, lo que optimiza los procesos operativos y facilita una toma de decisiones más eficiente y automatizada. La capacidad del IoT para monitorizar continuamente el estado de las operaciones mejora tanto la productividad como la eficiencia en las plantas de manufactura, habilitando lo que se conoce como fábricas inteligentes.

Se basa en la interconexión de dispositivos y sensores inteligentes que recopilan y transmiten datos en tiempo real, lo que permite la supervisión remota y el monitoreo de las condiciones operativas de los equipos y procesos. Un sistema destacado en la mejora de la eficiencia operativa es el Sistema de Monitoreo Predictivo, que utiliza sensores IoT para recopilar datos de las máquinas, lo que permite predecir fallos y realizar mantenimientos preventivos antes de que ocurran fallos costosos o tiempos de inactividad. Este enfoque

reduce significativamente los costos de mantenimiento no planificado y optimiza la vida útil de los equipos. (Aguilar, 2021)

Otra aplicación importante de IoT es la Gestión Inteligente de la Cadena de Suministro, que emplea sensores conectados para rastrear productos en tiempo real a lo largo de su ciclo de vida, desde la producción hasta la entrega final. Esto mejora la trazabilidad, reduce el tiempo de respuesta ante imprevistos y optimiza las rutas de distribución, lo que lleva a una mayor eficiencia logística. Ejemplos de sistemas IoT utilizados incluyen plataformas como Siemens MindSphere y GE Predix, que integran datos de IoT en la nube para realizar análisis predictivos y optimización de recursos, facilitando una toma de decisiones más precisa y eficiente en tiempo real. La implementación de IoT no solo mejora la eficiencia, sino que también aumenta la sostenibilidad, al optimizar el uso de recursos y reducir el desperdicio.

La cuarta revolución industrial ha consolidado como una de las tecnologías más disruptivas y transformadoras en la automatización de procesos industriales. Esta tecnología permite la conexión e interacción entre máquinas, sensores y sistemas digitales a través de redes inteligentes, facilitando el análisis en tiempo real, la toma de decisiones basada en datos y la optimización de operaciones. Su implementación no solo ha elevado los estándares de eficiencia y productividad, sino que también ha contribuido a mejorar la sostenibilidad en sectores estratégicos como la manufactura, la agricultura y la logística.

Desde 2020, el uso del IoT en la industria ha demostrado un impacto significativo en la eficiencia operativa al permitir la gestión y mantenimiento predictivo de equipos. Según (Xu, 2021), la conectividad de dispositivos permite la recolección de datos masivos, que, combinados con técnicas avanzadas de análisis de datos, pueden predecir fallos y reducir tiempos de inactividad. Esto mejora la rentabilidad al reducir los costos de mantenimiento no planificado y mejorar la eficiencia energética. Las empresas que han adoptado el IoT han logrado mantener una operación fluida y segura, incluso en contextos industriales complejos.

El IoT también ha jugado un papel crucial en la mejora de la seguridad industrial. Los sistemas de monitoreo continuo permiten detectar anomalías antes de que ocurran fallos graves, protegiendo tanto los activos como a los trabajadores. Como señalan (Marr, 2020), la capacidad de reaccionar en tiempo real ante cualquier cambio en el entorno operativo hace del IoT una herramienta indispensable para gestionar riesgos en plantas industriales, el IoT no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también refuerza la seguridad y sostenibilidad de las operaciones industriales.

Manufactura Inteligente y IoT

El sector manufacturero ha sido uno de los principales beneficiarios de las aplicaciones del IoT. A través de la instalación de sensores y dispositivos conectados a plataformas analíticas, las fábricas pueden monitorear continuamente variables críticas como temperatura, vibraciones, consumo energético y eficiencia de equipos. Este enfoque, conocido como manufactura inteligente o *smart manufacturing*, ha permitido reducir fallas inesperadas y planificar mantenimientos predictivos, lo cual disminuye los costos operativos y maximiza el tiempo productivo con un modelo de manufactura inteligente que combina sensores IoT, computación en la nube y análisis de datos para lograr una reducción significativa del consumo energético y una mejora en la utilización de recursos (Bazigu, 2025).

Así mismo, introdujeron el concepto de segmentación de red (*network slicing*) en redes 5G como estrategia para fortalecer la infraestructura digital de las fábricas inteligentes. Esta solución permite crear redes virtuales independientes que operan de forma óptima según las necesidades específicas de cada proceso industrial, mejorando la flexibilidad operativa y la adaptación a diferentes escenarios de producción. Estas innovaciones refuerzan la transición hacia entornos altamente automatizados, resilientes y orientados a datos, pilares fundamentales de la Industria 4.0 (Taleb, 2022).

Agricultura 4.0 y Sostenibilidad

En el ámbito agroindustrial, el IoT ha posibilitado el surgimiento de la Agricultura 4.0, un modelo que incorpora tecnologías digitales para gestionar de forma precisa los recursos naturales y mejorar la productividad del sector. La incorporación de sensores en cultivos y maquinaria agrícola, junto con sistemas de información geográfica (SIG), permite registrar y analizar en tiempo real parámetros como la humedad del suelo, la temperatura, los niveles de nutrientes y las condiciones meteorológicas. Esta información facilita la toma de decisiones más eficientes, lo que conlleva a una mejor gestión de los insumos agrícolas, reducción de desperdicios y mejora del rendimiento.

Además, esta tecnología tiene un impacto positivo en la sostenibilidad del agro, ya que reduce el uso excesivo de fertilizantes y agua, disminuye el impacto ambiental y mejora la trazabilidad de los productos. En países como Ecuador, iniciativas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) demuestran que la digitalización del agro puede convertirse en una herramienta estratégica para enfrentar los desafíos del cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria (Luis Enrique Sánchez Palacios, 2025).

IoT en la Logística y la Cadena de Suministro

En el sector logístico, el IoT ha revolucionado la gestión de la cadena de suministro al permitir una visibilidad total de los procesos desde la producción hasta la entrega al consumidor final. Gracias al uso de tecnologías como etiquetas RFID, GPS y sensores de estado, las empresas pueden monitorear la ubicación, temperatura y estado de los productos en tránsito, lo que mejora la trazabilidad, reduce pérdidas y optimiza rutas de distribución. Predictiva21 (2024) destaca que esta capacidad de monitoreo en tiempo real ha generado un cambio de paradigma en la logística moderna, haciendo posible una toma de decisiones más ágil, basada en datos precisos y actualizados.

Asimismo, la aplicación del IoT en el mantenimiento predictivo de vehículos y maquinaria logística ha sido crucial para prevenir fallas, mejorar la disponibilidad operativa y reducir los costos asociados a reparaciones urgentes.

Tal nivel de conectividad e inteligencia operativa se traduce en una cadena de valor más eficiente, resiliente y centrada en el cliente, lo cual es fundamental para la competitividad en un entorno globalizado.

Caso de éxito en su implementación

La empresa española Galletas Gullón ha sido reconocida por su transformación digital integral, implementando tecnologías avanzadas como la robotización, Big Data y sistemas de trazabilidad digital. Estas innovaciones han optimizado sus procesos productivos y logísticos, mejorando la eficiencia y la sostenibilidad de sus operaciones.

En el contexto de la transformación digital impulsada por la Industria 4.0, la empresa Grupo Galletas Gullón, una de las principales fabricantes de galletas en Europa, constituye un caso paradigmático de implementación efectiva de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia operativa. Esta organización, con sede en España, ha desarrollado una estrategia integral de digitalización orientada a la automatización de procesos, la trazabilidad y el análisis inteligente de datos, con el objetivo de optimizar sus operaciones productivas y logísticas.

En particular, Gullón ha adoptado tecnologías propias del Internet de las Cosas (IoT) para integrar sensores en sus líneas de producción, permitiendo la recolección en tiempo real de datos relacionados con la temperatura, la humedad, el estado de las máquinas y el comportamiento de los productos en cada fase del proceso. Esta conectividad ha facilitado el desarrollo de sistemas de mantenimiento predictivo, disminuyendo los tiempos de inactividad no planificada y extendiendo la vida útil de los equipos. Asimismo, la integración con sistemas de inteligencia artificial ha permitido generar alertas automatizadas y realizar análisis avanzados para la toma de decisiones estratégicas.

Además, la empresa ha incorporado tecnologías de Big Data para el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información operativa, lo que ha permitido detectar cuellos de botella, ajustar variables críticas en tiempo

real y mejorar la eficiencia energética. En términos logísticos, ha implementado sistemas de trazabilidad basados en IoT para monitorear sus productos desde la fábrica hasta el consumidor final, garantizando la calidad y la seguridad alimentaria. En términos cuantitativos, esta empresa produce más de 37 millones de kilogramos de galletas al año, manteniendo una automatización aproximada del 80% en sus líneas de fabricación. Gracias a la implementación de mantenimiento predictivo basado en IoT, ha logrado una reducción del 25% en los tiempos de parada no programada, incrementando así su disponibilidad operativa. Además, mediante la aplicación de análisis avanzados de datos, ha obtenido una mejora del 30% en la eficiencia energética, optimizando recursos y reduciendo desperdicios (García Bañuelos, 2023).

Por otro lado, informes recientes señalan que una proporción considerable de las pequeñas y medianas empresas del sector alimentario en Europa aún presentan un rezago significativo en términos de digitalización, apenas un 36% de estas organizaciones han comenzado procesos sustanciales de transformación digital, y solo el 17% ha adoptado tecnologías de IoT en sus operaciones. Estas cifras reflejan una brecha tecnológica importante, que impacta directamente en la eficiencia, la trazabilidad y la competitividad de dichas empresas (García Bañuelos, 2023)

Este contraste pone de manifiesto que la incorporación estratégica de tecnologías emergentes permite no solo una mejora operativa tangible, sino también una mayor capacidad de adaptación frente a entornos cambiantes y exigencias del mercado. La experiencia de Galletas Gullón representa un modelo replicable que evidencia cómo la convergencia entre tecnología e industria puede traducirse en ventajas sostenibles a largo plazo. Para otras organizaciones del sector, este caso constituye una referencia valiosa al momento de diseñar políticas de innovación tecnológica orientadas a mejorar el rendimiento integral y la sostenibilidad empresarial.

Este enfoque tecnológico ha contribuido a fortalecer su competitividad industrial al mejorar su eficiencia operativa reduciendo desperdicios y asegurar una producción sostenible. Gullón no solo ha mejorado su rendimiento operativo,

sino que también ha demostrado que la transformación digital en el sector de alimentos es viable y rentable cuando se articula con una visión estratégica de innovación. Su experiencia sirve como referencia valiosa para otras organizaciones del sector manufacturero interesadas en adoptar herramientas de la Industria 4.0 para alcanzar mayores niveles de eficiencia y sostenibilidad.

1.2.3.2 Big Data

Big Data es una tecnología clave en la Industria 4.0 que permite el análisis de grandes volúmenes de datos para optimizar la toma de decisiones en tiempo real (Grifoni, 2020). En el contexto industrial, el Big Data se utiliza para recopilar información de diversas fuentes, como sensores, máquinas y sistemas de producción, lo que permite un análisis profundo de los procesos operativos. Este análisis permite a las empresas identificar patrones y tendencias que no serían detectables mediante métodos convencionales, mejorando así la eficiencia operativa, la calidad del producto y la toma de decisiones estratégicas (Saggi, 2020).

En la Industria 4.0, el uso de Big Data ha facilitado la personalización masiva y el mantenimiento predictivo. A través de la recopilación y análisis de datos en tiempo real, las empresas pueden predecir cuándo una máquina fallará, reduciendo así los tiempos de inactividad y optimizando el ciclo de producción. Además, Big Data permite una mayor flexibilidad en la producción, ya que las empresas pueden ajustar rápidamente sus procesos para satisfacer la demanda del mercado en constante cambio. De esta manera, el Big Data no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la reducción de costos operativos y a una mayor eficiencia en el uso de los recursos. Sistemas como SAP HANA y IBM Watson IoT permiten procesar grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes en tiempo real, generando información valiosa para la toma de decisiones operativas y estratégicas.

Asimismo, el Big Data ha sido un factor determinante en la transformación digital de las empresas industriales, al proporcionar una visión más integral de los procesos y operaciones, las herramientas de análisis avanzadas permiten a las empresas hacer simulaciones y optimizar sus operaciones de manera

proactiva, lo que conduce a una mejor toma de decisiones y una ventaja competitiva en el mercado global. El Big Data ha revolucionado la forma en que las empresas industriales gestionan y optimizan sus procesos, proporcionando datos valiosos que mejoran la eficiencia operativa y la toma de decisiones en tiempo real, plataformas como Microsoft Azure y Oracle Big Data integran el análisis de grandes volúmenes de datos con capacidades de análisis avanzado, permitiendo a las empresas identificar patrones y tendencias que ayudan a reducir los costos operativos, mejorar el tiempo de respuesta ante variaciones de la demanda y aumentar la eficiencia general.

La Industria 4.0 ha transformado los procesos industriales mediante la integración de tecnologías avanzadas, siendo el Big Data uno de los pilares fundamentales. La capacidad de recopilar, procesar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real permite a las empresas optimizar sus operaciones, reducir costos y mejorar la toma de decisiones.

Big Data en el Sector Manufacturero

En la industria manufacturera, el uso de Big Data ha permitido configurar ecosistemas de producción inteligentes donde la automatización y la analítica avanzada trabajan en sinergia, gracias a la integración de sensores conectados y sistemas de recolección de datos en las líneas de producción, es posible realizar diagnósticos en tiempo real sobre el estado de los equipos, identificar fallas incipientes y programar mantenimientos predictivos que minimicen el tiempo de inactividad.

Además, los modelos de aprendizaje automático extraen patrones históricos que ayudan a ajustar los parámetros de producción, reduciendo los desperdicios y mejorando la eficiencia global. Multinacionales como Bosch y Siemens han reportado incrementos de hasta un 25% en la eficiencia operativa tras implementar plataformas analíticas en sus plantas de producción (Becerra, 2024).

Big Data aplicado a la Agricultura

La agricultura inteligente ha adoptado el Big Data como herramienta para afrontar desafíos como la variabilidad climática, la escasez de recursos y la sostenibilidad. Por medio de dispositivos IoT desplegados en cultivos, los agricultores pueden monitorear factores críticos como la humedad del suelo, el índice de verdor o la evolución fenológica de los cultivos.

Estos datos, procesados mediante plataformas de análisis en la nube, permiten tomar decisiones precisas para el riego, la fertilización y el control fitosanitario, aumentando la productividad y reduciendo el impacto ambiental. En países como Colombia, Brasil y Ecuador, se han implementado modelos agroclimáticos apoyados por Big Data que han incrementado el rendimiento de los cultivos en más de un 20% y han disminuido el consumo de agua en hasta un 30%, lo que demuestra la importancia de estas tecnologías en la agricultura sostenible (Tzorin Herrera, 2024).

Impacto del Big Data en la Logística

En el ámbito logístico, la implementación de Big Data ha permitido transformar la planificación y ejecución de las cadenas de suministro. Las empresas ahora utilizan datos históricos y en tiempo real para predecir la demanda, optimizar rutas de distribución, ajustar los niveles de inventario y responder de manera ágil a eventos imprevistos. La trazabilidad de paquetes, el análisis de tiempos de entrega y la gestión del desempeño de transportistas han sido mejorados sustancialmente.

Compañías como DHL y UPS han integrado herramientas analíticas que les han permitido reducir hasta un 40% los tiempos de entrega en determinadas rutas y mejorar la eficiencia energética mediante la optimización de flotas. Estas mejoras no solo incrementan la eficiencia operativa, sino que también elevan la satisfacción del cliente y la sostenibilidad del sistema logístico (Ibarra-Peña, 2024).

Caso de éxito en su implementación

FedEx Corporation se ha consolidado como un referente global en innovación logística mediante la adopción de tecnologías avanzadas asociadas a la Industria 4.0. Entre estas destacan el análisis de datos a gran escala, inteligencia artificial, sensores inteligentes, automatización robótica y blockchain. La integración de estas herramientas ha permitido mejorar notablemente los niveles de eficiencia operativa, agilidad en los procesos y calidad del servicio ofrecido a los usuarios finales.

El uso de Big Data ha facilitado la toma de decisiones basadas en evidencia, permitiendo optimizar rutas de distribución, reducir tiempos de entrega en aproximadamente un 30% y mejorar el rendimiento en el consumo de combustible en un 20% (Verner, 2024). De forma paralela, la aplicación de modelos predictivos ha disminuido los costos asociados al mantenimiento de la flota, al anticipar posibles fallos mecánicos antes de que se produzcan interrupciones en la operación.

En cuanto a automatización, FedEx ha implementado soluciones como robots de carga (por ejemplo, DexR), diseñados para manipular paquetes con diversas características físicas. Esta innovación ha reducido la intervención humana en tareas repetitivas y ha acelerado significativamente la clasificación y despacho de envíos. Asimismo, la incorporación de IoT ha mejorado la visibilidad en tiempo real sobre condiciones logísticas, permitiendo monitorear variables críticas como ubicación, temperatura y manipulación de productos sensibles, lo cual es esencial en sectores como el farmacéutico.

Por otra parte, la compañía ha puesto en marcha el programa estratégico DRIVE, orientado a la transformación digital y la reestructuración operativa. Con esta iniciativa, se proyecta un ahorro cercano a los 4.000 millones de dólares para el año fiscal 2025. En paralelo, FedEx ha reafirmado su compromiso ambiental al invertir más de 2.000 millones de dólares en tecnologías sostenibles, con el objetivo de alcanzar emisiones netas de carbono cero para 2040 (Verner, 2024). Estas acciones no solo evidencian un uso eficiente de las tecnologías emergentes, sino también un modelo integral de negocio orientado a la competitividad, sostenibilidad y adaptación digital.

1.2.3.3 Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial (IA) es una de las tecnologías centrales en la Industria 4.0, destacada por su capacidad de automatizar procesos complejos y optimizar la toma de decisiones a partir del análisis de datos masivos (Davenport, 2020). En el sector industrial, la IA permite que las máquinas realicen tareas cognitivas que anteriormente requerían intervención humana, como el análisis de calidad, la predicción de fallos y la planificación de la producción. Los algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) permiten que los sistemas se adapten y mejoren con el tiempo, utilizando datos históricos y en tiempo real para mejorar la eficiencia y productividad de las operaciones.

La implementación de la IA en la industria ha permitido avances significativos en la automatización y en el mantenimiento predictivo, los sistemas impulsados por IA pueden predecir fallos en los equipos con una precisión sin precedentes, lo que reduce los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento. Además, la IA permite optimizar los flujos de trabajo en tiempo real, ajustando la producción a la demanda y gestionando de manera más eficiente los recursos disponibles la IA permite a las empresas predecir fallos en equipos y sistemas mediante mantenimiento predictivo, donde algoritmos de aprendizaje automático analizan grandes volúmenes de datos de sensores IoT y otras fuentes para anticipar averías antes de que ocurran. Un ejemplo de esto es el Sistema de Mantenimiento Predictivo de GE Predix, que utiliza IA para analizar patrones y prever problemas en las máquinas, lo que reduce significativamente los tiempos de inactividad no programados y los costos asociados con reparaciones de emergencia. Este tipo de automatización avanzada contribuye a una mayor flexibilidad operativa y a la mejora continua de los procesos industriales.

Otra aplicación fundamental de la IA en la Industria 4.0 es la optimización de la cadena de suministro. Mediante el uso de algoritmos avanzados, la IA puede predecir fluctuaciones en la demanda, optimizar inventarios y mejorar la logística, lo que resulta en una cadena de suministro más ágil y eficiente (John S. Edwards, 2021). De esta manera, la IA no solo transforma los procesos

internos de las fábricas, sino que también mejora la interacción con los proveedores y clientes, contribuyendo a una mayor competitividad en el mercado global, la IA ha revolucionado el sector industrial al permitir un control y optimización más avanzados de los procesos productivos y de la cadena de suministro.

Sector Manufacturero

La integración de la IA en procesos industriales ha permitido no solo automatizar tareas, sino también optimizar decisiones complejas en tiempo real. En plantas de manufactura avanzada, los sistemas inteligentes aprenden de los patrones de producción para ajustar automáticamente la velocidad de las líneas, identificar anomalías en los materiales y sugerir ajustes antes de que ocurran fallas. Este enfoque, conocido como *manufactura cognitiva*, ha sido implementado por empresas como Siemens y General Electric, logrando una mejora del 25% en la eficiencia energética y una reducción del 18% en los errores de calidad (Hayman).

Otro caso notable es el uso de gemelos digitales, que combinan IA, sensores y simulación en tiempo real para replicar virtualmente las condiciones de una fábrica. Esta tecnología permite a los operadores predecir los efectos de cambios en la producción sin interrumpir los procesos reales, lo cual reduce riesgos, mejora la planificación y eleva la eficiencia operativa general.

Sector Agrícola

La inteligencia artificial ha abierto nuevas posibilidades en el agro, particularmente en la predicción de cosechas, el manejo de riesgos y la automatización de la toma de decisiones agronómicas. Plataformas agrícolas basadas en IA, como Plantix y Agremo, utilizan algoritmos de procesamiento de imágenes para evaluar la salud de las plantas, detectar deficiencias nutricionales y recomendar tratamientos adecuados. Estas herramientas han demostrado ser efectivas para aumentar el rendimiento de cultivos hasta en un 30%, reducir el uso de agroquímicos y optimizar el riego (Muñoz-Pinzón, 2024).

Además, mediante técnicas de aprendizaje profundo, los agricultores pueden acceder a mapas de productividad en tiempo real, lo cual mejora la segmentación de sus parcelas y la aplicación diferenciada de recursos. Esto ha permitido reducir los costos operativos en más de un 20% en algunas regiones agrícolas de América Latina (Pirela, 2024).

Sector Logístico

En logística, la IA no solo mejora las predicciones de demanda y las rutas de entrega, sino que también optimiza la gestión de almacenes y los procesos de última milla. Empresas como Amazon y DHL han integrado sistemas de clasificación automatizada basados en visión artificial, los cuales analizan volúmenes de carga y rutas en tiempo real para asignar tareas a robots de forma autónoma. Esta automatización ha incrementado la productividad en centros logísticos hasta en un 40% (Pástor, 2023).

Adicionalmente, se han desarrollado sistemas de inteligencia artificial para anticipar interrupciones en la cadena de suministro, como demoras por clima o congestión portuaria. Estas plataformas recomiendan alternativas logísticas de forma proactiva, reduciendo el impacto operativo y los costos asociados. La combinación de IA con blockchain ha reforzado la trazabilidad y seguridad de las entregas, generando confianza entre proveedores y clientes

Caso de éxito en la implementación de la IA

La empresa FANUC Corporation, con sede en Japón, se ha posicionado como uno de los principales actores en la automatización industrial a nivel global, siendo pionera en la implementación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) y aprendizaje automático en entornos de manufactura avanzada. Fundada en 1956, esta compañía ha desarrollado soluciones robóticas y de control numérico computarizado (CNC) que actualmente se encuentran operativas en más de 270,000 fábricas alrededor del mundo (Arruda, 2024).

En el contexto de la Industria 4.0, FANUC ha integrado sistemas de IA en múltiples niveles de sus operaciones. Uno de los avances más representativos es el sistema AI Servo Tuning, que permite que los servomotores ajusten

automáticamente sus parámetros en tiempo real. Este mecanismo reduce las vibraciones durante el mecanizado, lo que mejora la calidad del producto y disminuye el desgaste de los componentes mecánicos. Otro ejemplo es el sistema AI Thermal Displacement Compensation, que logra una reducción de aproximadamente 40 % en los errores de posicionamiento causados por la dilatación térmica de los componentes (Arruda, 2024).

Además, FANUC ha desarrollado la plataforma FIELD System (FANUC Intelligent Edge Link & Drive), que funciona como un ecosistema de interconexión entre máquinas, robots y sensores mediante tecnologías de Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Esta plataforma permite la recolección masiva de datos y el análisis en tiempo real, posibilitando el mantenimiento predictivo, la optimización del rendimiento y la detección temprana de fallas. Uno de los resultados más destacables es el sistema ZDT (Zero Down Time), que ha sido implementado en más de 35,000 robots en América del Norte, permitiendo una reducción significativa en los tiempos de inactividad no planificados y generando ahorros millonarios para la industria automotriz.

En términos de impacto, FANUC ha demostrado que la automatización basada en IA puede operar con eficiencia sin supervisión humana continua. Su planta en Japón es un ejemplo emblemático del modelo “lights-out manufacturing”, donde robots FANUC producen otros robots las 24 horas del día sin intervención humana directa. Esta fábrica es capaz de producir hasta 50 robots por día, lo que representa una eficiencia operativa sin precedentes.

La aplicación de estas tecnologías ha permitido una mejora sustancial en la calidad, trazabilidad y productividad en sectores clave como la automoción, electrónica y plásticos, donde los márgenes de precisión son críticos. Por ejemplo, el sistema FANUC Roboshot, destinado a procesos de inyección de plástico, ha mejorado la repetibilidad de las piezas moldeadas en hasta un 25 %, al controlar automáticamente la presión y temperatura del molde mediante algoritmos de IA, representa un caso paradigmático del uso exitoso de la IA y el IIoT en la manufactura inteligente. Su enfoque estratégico hacia la automatización y la mejora continua mediante tecnologías disruptivas evidencia

cómo la Industria 4.0 puede transformar radicalmente la eficiencia operativa en el sector industrial.

1.3 Marco Metodológico

1.3.1 Modalidad Básica de la Investigación

Este estudio se centra en el tema "La industria 4.0 y su impacto en la eficiencia operativa en el sector industrial utilizando (IoT, Big Data, Inteligencia Artificial)" será desarrollada bajo un enfoque de tipo bibliográfico-documental. Esta modalidad permitirá realizar un análisis riguroso de la información existente sobre la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA), destacando su contribución a la mejora de los procesos industriales. El método documental proporciona un sustento teórico esencial para examinar cómo estas herramientas están transformando la productividad en distintas áreas del sector industrial.

Este estudio adoptará un enfoque descriptivo, dado que no se realizarán modificaciones en las variables, sino que se estudiará la situación actual tal como se presenta. Por medio de la consulta de fuentes secundarias, se evaluarán los efectos de la Industria 4.0 en la eficiencia operativa de diversas organizaciones y sectores, tomando como base los datos obtenidos de investigaciones académicas, reportes técnicos y análisis de casos previos descritos en la literatura especializada.

Para abordar el problema de investigación, se empleará una selección de fuentes relevantes, incluyendo artículos científicos, informes especializados y documentos empresariales que aporten evidencia sobre la integración de estas tecnologías en el ámbito industrial. Este proceso permitirá identificar los factores clave que promueven o dificultan la adopción del IoT, Big Data e IA, ofreciendo un panorama completo sobre sus repercusiones en la mejora de la eficiencia operativa.

El enfoque bibliográfico-documental proporcionará conclusiones útiles y aplicables, especialmente en el contexto de Ecuador y América Latina, donde los retos para adoptar estas tecnologías son significativos. Esta metodología

busca generar propuestas que impulsen la competitividad y optimización de las operaciones industriales en la región, sirviendo como un recurso teórico y práctico para una transición efectiva hacia la digitalización industrial.

1.3.2 Enfoque

El enfoque de esta investigación será cualitativo, centrado en la comprensión detallada de los efectos de la Industria 4.0 en la eficiencia operativa dentro de diversos sectores. A través de un análisis basado en fuentes secundarias como SCOPUS y Google Académico, se examinarán estudios previos, artículos académicos, informes y estudios de caso y literatura especializada. El objetivo principal es obtener una visión profunda sobre cómo las tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y la automatización, están redefiniendo las prácticas operativas en distintas industrias, sin modificar las variables originales de los estudios ya realizados.

Scopus y Google académico son una base de datos bibliográfica de renombre internacional proporciona a los investigadores un conjunto robusto de funcionalidades para optimizar sus procesos de investigación. Entre estas funcionalidades se encuentran la búsqueda avanzada de artículos científicos, el análisis de citas, la creación de alertas personalizadas y la visualización de redes de colaboración.

1.3.3 Nivel de investigación

Este trabajo se desarrolla bajo un nivel de investigación descriptivo, buscando proporcionar un panorama detallado sobre la influencia de las tecnologías de la Industria 4.0 en la mejora de la eficiencia operativa. La investigación se centrará en documentar los impactos y las prácticas asociadas con la implementación de tecnologías avanzadas en diversas industrias, para identificar patrones comunes, beneficios y obstáculos que surgen durante el proceso de adopción de estas tecnologías.

1.3.4 Población de estudio

La población de estudio estará conformada por un conjunto de documentos académicos y técnicos que incluyen artículos científicos, informes de investigación, y estudios de caso relacionados con la Industria 4.0 y su

implementación en diversos sectores. Los documentos se extraerán principalmente de la base de datos SCOPUS, utilizando criterios de búsqueda específicos sobre eficiencia operativa, Big data, Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia Artificial, y procesos industriales, donde tenemos una población de 5.380 documentos. Esta población permitirá obtener una visión amplia y actualizada de la adopción de estas tecnologías.

1.3.5 Tamaño de la muestra

La recolección de datos en este estudio se basará en el análisis de fuentes secundarias. Las técnicas principales serán la revisión de literatura académica y la recopilación de estudios de caso documentados. Las fuentes incluirán artículos de revistas especializadas, informes técnicos y documentos académicos que detallan la implementación de la Industria 4.0. También se realizarán análisis de tendencias emergentes y proyectos de investigación actuales para identificar innovaciones relevantes en la mejora de la eficiencia operativa mediante tecnologías avanzadas.

Con el objetivo de delimitar el tamaño de la muestra para nuestra revisión bibliográfica sistemática, emplearemos criterios de inclusión y exclusión específicos para filtrar los resultados obtenidos a través de la metodología Slr.

- Año: 2020 a 2024 (5.380 documentos encontrados)
- Limitado a: Artículos (2,309 documentos encontrados)
- Idioma: limitado a inglés y español (2,223 documentos encontrados)
- Acceso: Abierto (1.166 documentos encontrados)
- Palabras claves: “la industria 4.0”, “la automatización”, “internet de las cosas”, la digitalización”, “IoT”, “la inteligencia artificial”, “sistemas integrados”, “internet de las cosas (IoT)”, “la investigación industrial”, “la innovación”, “La optimización”, “las revoluciones industriales”. (1.000 documentos encontrados)
- Según lectura de títulos y abstracts: 360 documentos
- Lectura completa: 35 documentos

Con el propósito de asegurar la calidad y relevancia de la revisión, se seleccionarán aproximadamente 35 estudios que cumplan con criterios

estrictos de actualidad, pertinencia y profundidad. Dichos estudios, pertenecientes a sectores como manufactura, logística y retail, proporcionarán una perspectiva detallada sobre las experiencias relacionadas con la implementación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0

1.3.6 Técnicas de recolección de datos

En esta investigación cualitativa y descriptiva, la recopilación de datos se basará en un análisis exhaustivo de fuentes secundarias. A través de una revisión sistemática de la literatura científica, informes técnicos y casos de estudio, se obtendrá una comprensión profunda de cómo las tecnologías de la Industria 4.0 impactan en la eficiencia operativa de diversas organizaciones.

Revisión Documental:

- A través de una exhaustiva revisión documental, se llevará a cabo una síntesis de investigaciones previas, artículos científicos y reportes técnicos, con el objetivo de comprender los fundamentos teóricos y las aplicaciones prácticas de la Industria 4.0 en diversos sectores industriales.

Casos Documentados:

- Mediante el análisis de casos documentados, se estudiarán en detalle las experiencias de organizaciones que han implementado tecnologías de la Industria 4.0, identificando tanto los beneficios obtenidos como los desafíos enfrentados en la adopción de estas soluciones

Examen de Informes y Publicaciones Corporativas:

- Se analizarán informes corporativos y documentos públicos para obtener una visión detallada de las estrategias de implementación de la Industria 4.0 en diferentes empresas, evaluando los resultados obtenidos en términos de eficiencia, productividad y rentabilidad.

Proceso de Recolección de Datos:

- La recopilación de datos se realizará de manera sistemática, utilizando la base de datos académica Scopus como principal fuente de

información. Se iniciará con una búsqueda general sobre la Industria 4.0 para, posteriormente, profundizar en casos específicos de implementación.

1.3.1 Plan de recolección de datos

El plan de recolección de datos se llevará a cabo de manera estructurada, con los siguientes pasos:

- **Definición de criterios de selección:** Se seleccionarán documentos publicados en los últimos cinco años, que aborden temas relacionados con la Industria 4.0, con un enfoque en la eficiencia operativa. Se priorizarán fuentes académicas de alta calidad y rigor metodológico.
- **Fuentes de información:** Se utilizarán bases de datos académicas como SCOPUS para acceder a artículos científicos y estudios técnicos, además de informes de empresas y organismos relevantes.
- **Organización y análisis de la información:** Los documentos seleccionados se organizarán según su relevancia, y se procederá a realizar un análisis cualitativo de los temas más recurrentes, con una codificación temática para clasificar los datos según su impacto en la eficiencia operativa

Tabla 0-1

Preguntas frecuentes y su explicación.

N.º	Preguntas Frecuentes	Explicación
1	¿Para qué?	Para recopilar, clasificar y analizar información científica sobre la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 (IoT, Big Data, IA) y su impacto en la eficiencia operativa en el sector industrial.

2	¿De qué fuentes?	Artículos científicos de bases de datos indexadas: Scopus, Google Académico, ScienceDirect.
3	¿Sobre qué aspectos?	Tecnologías de la Industria 4.0 (IoT, Big Data, IA), digitalización industrial, eficiencia operativa, competitividad industrial y sostenibilidad en sectores clave como manufactura, logística y agricultura.
4	¿Quién investiga?	Chávez López Edison Nathan, estudiante de Ingeniería Industrial.
5	¿Cuándo?	Entre febrero y mayo de 2025.
6	¿Dónde?	Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Facultad de Ingeniería.
7	¿Cuántas veces?	Se realizó una única recopilación sistemática y análisis temático de la literatura científica relevante.
8	¿Qué técnica de recolección?	Revisión documental y análisis sistemático de literatura con codificación temática para clasificar los documentos según sus aportes al impacto de la digitalización en la eficiencia operativa.
9	¿Con qué?	Fichas bibliográficas, matriz de análisis temático, gestores de referencia.
10	¿En qué situación?	Revisión académica individual desde entornos digitales de acceso universitario.

1.3.2 Procesamiento de la Información

La información recopilada fue analizada mediante técnicas cualitativas, específicamente el análisis de contenido y el análisis temático. Este enfoque permitió identificar patrones y temas relevantes en la literatura revisada, organizando los datos en categorías vinculadas a las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, tales como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data e Inteligencia Artificial (IA), y su impacto en la eficiencia operativa del sector

industrial. Las categorías se organizaron con el objetivo de comprender cómo estas tecnologías contribuyen a mejorar la competitividad y sostenibilidad en sectores clave como la manufactura, logística y agricultura.

2 Capítulo

2.1 Resultados

Situación Inicial de las Empresas Antes de la Implementación de Tecnologías de la Industria 4.0

La evolución tecnológica en el sector industrial no ocurre de forma inmediata, por el contrario, es el resultado de procesos de transformación gradual que requieren inversión, planificación estratégica y una reestructuración profunda de los modelos tradicionales de producción y gestión.

Cada una de estas organizaciones partía de entornos productivos convencionales caracterizados por sistemas analógicos, procedimientos manuales o semiautomatizados y una capacidad limitada para procesar información en tiempo real. Estas condiciones generaban cuellos de botella operativos, mayores tiempos de respuesta ante contingencias y una planificación basada, en muchos casos, en estimaciones empíricas. Frente a estos desafíos, las empresas reconocieron la necesidad de modernizar sus procesos mediante inversiones específicas en maquinaria, software especializado y plataformas digitales orientadas a la recopilación y análisis masivo de datos.

Asimismo, la transformación digital exigió paralelamente una inversión considerable en el fortalecimiento de competencias técnicas dentro de su personal. Estas compañías no solo invirtieron en infraestructura física o tecnológica, sino que destinaron recursos significativos a la capacitación continua de sus colaboradores, conscientes de que el éxito en la transición hacia la Industria 4.0 dependía tanto de las herramientas tecnológicas como del talento humano capaz de gestionarlas. El proceso, en promedio, requirió entre tres y cinco años desde la planificación inicial hasta la implementación

funcional completa, incluyendo fases de prueba, ajustes y consolidación operativa.

Figura 1

Comparativa de inversión Aproximada de Transformación 4.0

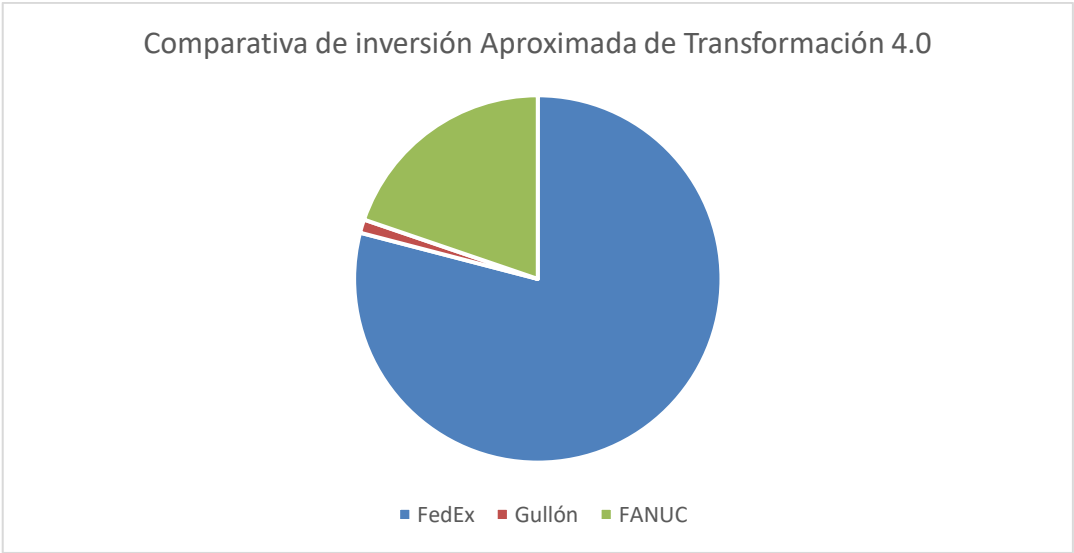


Tabla 2-1

Inversiones y Enfoques de Capacitación en Empresas Líderes de la Industria 4.0.

Empresa	Inversión Aproximada (USD/EUR)	Duración del Proceso (años)	Áreas Clave de Inversión	Enfoque de Capacitación
FedEx	2.000 millones USD	4	IoT, análisis predictivo, automatización de flotas,	Habilidades digitales, análisis de datos, operación de sistemas automatizados

			capacitación tecnológica	
			Automatizac ión de líneas de producción, trazabilidad IoT, inteligencia artificial para control de calidad, eficiencia energética	Capacitación continua en tecnologías digitales, operación de maquinaria automatizada
Gullón	30 millones EUR	5		
			Desarrollo FIELD System, IA en servomotore s, mantenimie nto predictivo, plataformas IoT	Formación técnica avanzada en integración de software, conectividad IoT y analítica predictiva
FANUC	500 millones USD	4		

2.1.1 Situación Inicial de FedEx (Sector Logístico)

Antes de implementar tecnologías asociadas a la Industria 4.0, FedEx operaba bajo un modelo logístico tradicional, altamente dependiente de procesos manuales, sistemas de información fragmentados y con un margen limitado para el análisis predictivo. Si bien contaba con una infraestructura física

robusta, la gestión de rutas, inventarios y pronósticos se realizaba mediante plataformas convencionales y procedimientos administrativos heredados de modelos de negocio anteriores.

Esta situación generaba ineficiencias operativas como sobrecostos logísticos, tiempos prolongados en la última milla y dificultades en la trazabilidad de envíos. La dependencia del trabajo humano en tareas rutinarias limitaba la capacidad de respuesta ante variaciones imprevistas en la demanda.

Para superar estas limitaciones, FedEx destinó una inversión estimada en más de 2.000 millones de dólares en procesos de transformación digital durante la primera fase. Esta inversión incluyó la adquisición de sensores IoT, la implementación de software de análisis predictivo y el despliegue de plataformas de automatización para la gestión de flotas. Asimismo, se inició un programa interno de capacitación tecnológica del personal, enfocado principalmente en habilidades digitales, manejo de datos y operación de nuevos sistemas automatizados. El proceso de transformación de FedEx, desde la planificación inicial hasta su consolidación funcional, se extendió a lo largo de cuatro años, incorporando ajustes progresivos en sus operaciones globales.

Tabla 2-2

Detalles de la Inversión y Enfoque de Capacitación de FedEx.

Categoría		Detalle
Inversión Aproximada		2.000 millones USD
Duración del Proceso		4 años
Áreas Clave de Inversión	IoT, análisis predictivo, automatización de flotas, capacitación tecnológica	
Enfoque de Capacitación	Habilidades digitales, análisis de datos, operación de sistemas automatizados	

El proceso de transformación digital de FedEx constituye un ejemplo sólido de cómo la aplicación de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 permite superar las limitaciones de los modelos logísticos tradicionales. Antes de la adopción de IoT, análisis predictivo y automatización, la empresa enfrentaba problemas vinculados a tiempos prolongados de entrega, deficiencias en trazabilidad y altos costos operativos. La inversión aproximada de 2.000 millones de dólares en infraestructura tecnológica y capacitación del personal representó una estrategia clave para alcanzar niveles óptimos de eficiencia operativa.

Tabla 2-3

Impacto de la Adopción de Nuevas Tecnologías en los Indicadores Operativos de FedEx.

Indicador	Antes de la Adopción de Nuevas Tecnologías	Después de la Adopción de Nuevas Tecnologías
Tiempos de Entrega (EE.UU.)	2-3 días	1-2 días
Tiempos de Entrega (Internacional)	5-7 días	3-4 días
Costos Operativos	10-12% de los ingresos anuales	Reducción del 15-20%
Costo por Paquete	\$10-\$15 USD	\$5-\$10 USD
Tasa de Fallos en la Red	5-7%	<2%
Satisfacción del Cliente	80%	90-95%

Esta experiencia se alinea directamente con los objetivos generales y específicos de la investigación, ya que evidencia cómo la selección adecuada de tecnologías, respaldada por capacitación continua, permite mejorar significativamente los procesos operativos. FedEx no solo optimizó sus recursos logísticos, sino que fortaleció su capacidad de adaptación en entornos cambiantes y altamente competitivos.

2.1.2 Situación Inicial de Gullón (Sector Alimentario)

La empresa española Galletas Gullón, antes de su transformación digital, contaba con una infraestructura productiva sólida, pero operaba bajo esquemas convencionales de manufactura y logística. La trazabilidad de los productos, el control de calidad y la gestión de la cadena de suministro se realizaban mayoritariamente de forma manual o mediante sistemas independientes, sin integración digital completa entre áreas.

Esta estructura provocaba ineficiencias en la gestión logística y operativa, lo que dificultaba obtener información precisa en tiempo real sobre el estado de los procesos productivos o el comportamiento de la demanda. Además, la capacidad para anticipar fallos en maquinaria o realizar ajustes automatizados era limitada, lo que incrementaba los costos por mantenimientos correctivos y tiempos improductivos.

Con el propósito de modernizar su estructura, Gullón llevó a cabo una inversión progresiva que superó los 30 millones de euros destinada a nuevas líneas de producción automatizadas, sistemas de trazabilidad por IoT, inteligencia artificial para control de calidad, y herramientas digitales para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad. A la par, la empresa implementó planes de capacitación continua para los operarios, ingenieros y técnicos encargados de las nuevas tecnologías. Todo el proceso de transformación requirió aproximadamente cinco años desde su planificación hasta la completa integración funcional en sus plantas industriales.

Tabla 2-4

Detalles de la Inversión y Enfoque de Capacitación de Gullón.

Categoría	Detalle
Inversión Aproximada	30 millones EUR
Duración del Proceso	5 años
Áreas Clave de Inversión	Automatización de líneas de producción, trazabilidad IoT, inteligencia artificial, eficiencia energética
Enfoque de Capacitación	Capacitación continua en tecnologías digitales, operación de maquinaria automatizada

La transformación digital de Galletas Gullón refleja una estrategia integral orientada a resolver las limitaciones estructurales propias de los procesos tradicionales de manufactura y logística en el sector alimentario. Antes de implementar tecnologías como IoT, trazabilidad digital e inteligencia artificial, la empresa enfrentaba ineficiencias en la gestión operativa y dificultades para obtener información precisa en tiempo real. La inversión superior a los 30 millones de euros y un proceso de adaptación de cinco años permitieron consolidar una estructura tecnológica moderna, orientada a la sostenibilidad y a la eficiencia productiva.

Tabla 2-5

Impacto de la Adopción de Nuevas Tecnologías en los Indicadores Operativos de Gullón.

Indicador	Antes de la Adopción de Nuevas Tecnologías	Después de la Adopción de Nuevas Tecnologías
Producción Anual	37 millones de kilogramos de galletas	40 millones de kilogramos de galletas
Automatización en la Producción	40%	80%
Costos Operativos	10-12% de los ingresos anuales	Reducción del 25% en costos operativos
Tiempos de Producción	Largos, con tiempos de inactividad frecuentes	Reducción del 30% en tiempos de producción
Flexibilidad de la Producción	Limitada, difícil adaptación a la demanda	Alta, con capacidad para adaptarse rápidamente
Competitividad	Media	Alta, con mayor capacidad de respuesta a la demanda y reducción de costos

Estos resultados responden al segundo y tercer objetivo específico del estudio, al demostrar que las mejoras en la eficiencia operativa no dependen únicamente de la adquisición de maquinaria moderna, sino también de procesos paralelos de formación del talento humano. La experiencia de Gullón

refuerza el valor estratégico de la integración de herramientas digitales con enfoque sostenible.

2.1.3 Situación Inicial de FANUC (Sector Manufacturero)

En el caso de FANUC, su situación inicial era particular. Aunque se trataba de una empresa referente en automatización y robótica industrial desde décadas atrás, su sistema operativo funcionaba sobre plataformas tecnológicas que requerían actualizaciones estructurales para poder integrarse a los nuevos paradigmas de conectividad y análisis inteligente de datos propios de la Industria 4.0.

Sus robots operaban de forma independiente y los sistemas de control de maquinaria carecían de inteligencia predictiva. La recopilación de datos se limitaba a registros básicos, con escaso aprovechamiento de Big Data o inteligencia artificial para optimizar procesos o prever fallas. Asimismo, no existía aún una plataforma robusta que integrara sus operaciones bajo esquemas IoT.

Tabla 2-6

Impacto de la Adopción de Nuevas Tecnologías en los Indicadores Operativos de FANUC.

Indicador	Antes de la Adopción de Nuevas Tecnologías	Después de la Adopción de Nuevas Tecnologías
Automatización de la Producción	50%	100%
Tiempos de Inactividad	Altos, con frecuentes fallos imprevistos	Reducción del 40% en tiempos de inactividad
Costos Operativos	12-15% de los ingresos anuales	Reducción del 25-30% en costos operativos

Capacidad de Respuesta a la Demanda	Baja, con procesos rígidos	Alta, con sistemas flexibles y adaptativos
Competitividad	Media	Alta, con tecnologías avanzadas de manufactura inteligente

El inicio de esta transición exigió una fuerte inversión inicial superior a los 500 millones de dólares, orientada al desarrollo de sistemas como FIELD System y ZDT (Zero Down Time), además de la incorporación de inteligencia artificial en funciones clave como el ajuste automático de servomotores. Paralelamente, FANUC diseñó programas internos de capacitación técnica avanzada para ingenieros y desarrolladores de software, preparándolos para operar los nuevos sistemas de conectividad industrial. Esta transformación se implementó de forma progresiva durante un período de tres a cinco años, dependiendo de cada línea productiva y mercado geográfico.

Tabla 2-7

Detalles de la Inversión y Enfoque de Capacitación de FANUC.

Categoría	Detalle
Inversión Aproximada	500 millones USD
Duración del Proceso	4 años
Áreas Clave de Inversión	Desarrollo de FIELD System, inteligencia artificial en servomotores, mantenimiento predictivo, plataformas IoT
Enfoque de Capacitación	Formación técnica avanzada en integración de software, conectividad IoT y analítica predictiva

FANUC, aunque ya era un líder mundial en automatización antes de la adopción de tecnologías Industria 4.0, enfrentaba desafíos relacionados con la falta de conectividad inteligente entre sus sistemas. El desarrollo de plataformas como FIELD System y Zero Down Time (ZDT), acompañado de una inversión aproximada de 500 millones de dólares y programas especializados de capacitación, permitió consolidar un modelo de manufactura cognitiva. Este avance transformó sus líneas de producción en sistemas autónomos, predictivos y autoajustables.

Esta experiencia se encuentra alineada con el objetivo general de la tesis, al demostrar que incluso empresas con altos niveles de automatización requieren actualizarse para obtener mejoras sostenibles en eficiencia operativa. FANUC valida que la transformación digital no es solo una opción para modernizar, sino una necesidad para mantener la competitividad en mercados globales exigentes.

2.2 Análisis de la Adopción de la Industria 4.0 en Ecuador y América Latina: Estrategias para Mejorar la Eficiencia Operativa en Sectores Clave

La adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en Ecuador y América Latina presenta un desafío considerable debido a factores económicos, culturales y tecnológicos que dificultan su implementación en diversas industrias. Sin embargo, la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas, Big Data e Inteligencia Artificial tiene el potencial de transformar los sectores clave de la economía en estos países, tales como la manufactura, la agroindustria y la logística. Este análisis responde a las preguntas directrices planteadas, abordando cómo Ecuador y América Latina pueden mejorar la eficiencia operativa mediante la adopción de estas tecnologías en sus sectores industriales, con un enfoque particular en los sectores más relevantes en el contexto ecuatoriano.

2.2.1 Sectores clave en Ecuador y América Latina: Mejora de la eficiencia operativa mediante la adopción de IoT, Big Data e IA

Los sectores más relevantes en Ecuador y América Latina, como la manufactura, la agroindustria y la logística, presentan un gran potencial para beneficiarse de la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0, pero también enfrentan desafíos únicos. La manufactura en Ecuador, por ejemplo, tiene un gran potencial para mejorar su eficiencia operativa mediante la automatización de procesos y la optimización de la cadena de suministro con la ayuda de IoT y Big Data. Estas tecnologías pueden reducir los tiempos de inactividad, mejorar el control de calidad y optimizar el uso de recursos.

En la agroindustria, la adopción de IoT para la supervisión de cultivos y la analítica de Big Data para predecir el rendimiento agrícola puede mejorar la productividad y la sostenibilidad. Ecuador, como país agrícola, podría aprovechar estas tecnologías para optimizar el uso del agua, mejorar las prácticas de riego y aumentar los rendimientos de los cultivos. La agricultura inteligente, impulsada por IoT y Big Data, ya está demostrando ser una herramienta eficaz para hacer frente a los retos del cambio climático y la escasez de recursos.

En cuanto a la logística, el uso de IoT y Big Data para mejorar la trazabilidad de productos, optimizar las rutas de distribución y mejorar la gestión de inventarios es fundamental para mejorar la eficiencia operativa. Empresas en América Latina y Ecuador pueden beneficiarse de la adopción de estas tecnologías para reducir los costos de transporte, mejorar la entrega de productos a tiempo y optimizar el uso de los recursos logísticos.

2.2.2 Recomendaciones para mejorar la adopción de tecnologías en sectores clave

Para mejorar la adopción de IoT, Big Data e IA en los sectores clave de Ecuador y América Latina, se recomienda que el gobierno implemente políticas públicas que fomenten la inversión en infraestructura tecnológica y capacitación técnica. Además, debe promoverse la creación de clústeres tecnológicos en sectores como manufactura, agroindustria y logística, para fomentar la colaboración entre empresas, universidades y centros de investigación.

Las empresas deben apostar por una gestión del cambio organizacional que favorezca la innovación, implementando programas de capacitación continua para que los empleados se adapten a las nuevas tecnologías. Además, la inversión en la digitalización debe ser vista no solo como una necesidad para mejorar la eficiencia operativa, sino como una oportunidad para posicionarse de manera competitiva en el mercado global.

3 Capítulo

3.1 Resultados

La revisión sistemática permitió identificar una amplia gama de estudios que abordan la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en distintos sectores industriales, destacando su impacto positivo en la eficiencia operativa. Se seleccionaron investigaciones publicadas entre 2020 y 2024, provenientes de bases de datos académicas reconocidas como Scopus y Google Académico, y que utilizaron términos clave como “Industria 4.0”, “IoT”, “Big Data”, “Inteligencia Artificial” y “eficiencia operativa”.

En primer lugar, se observaron tendencias significativas en la adopción de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la Inteligencia Artificial (IA), las cuales han sido implementadas con éxito en sectores como la manufactura, la logística, la industria automotriz y la agroindustria. Los estudios revelaron que el IoT facilita la supervisión remota en tiempo real, reduciendo tiempos de inactividad y mejorando la capacidad de respuesta operativa. A su vez, el análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) ha permitido optimizar procesos mediante la identificación de cuellos de botella y patrones de falla, mientras que la IA ha sido aplicada en sistemas de mantenimiento predictivo, automatización de decisiones y control de calidad.

En segundo lugar, se clasificaron los estudios en función del enfoque tecnológico y sectorial. Se evidenció que la integración de estas tecnologías ha generado mejoras cuantificables en indicadores como el tiempo de ciclo de producción, el uso de recursos, la reducción de desperdicios y el cumplimiento de estándares de calidad. Por ejemplo, una implementación de IA en líneas de ensamblaje permitió reducir errores humanos en un 32 %, mientras que el uso

de sensores IoT logró disminuir en un 28 % los tiempos de parada no planificada en una planta de producción de alimentos.

Finalmente, al comparar casos exitosos con aquellos donde la implementación fue limitada, se identificaron diversos factores determinantes. Entre los casos exitosos se destacó la existencia de liderazgo tecnológico, cultura organizacional orientada al cambio, capacitación constante del personal y adecuada inversión inicial. Por el contrario, en los casos menos exitosos se reportaron barreras como la resistencia al cambio, la falta de habilidades digitales en el personal y la ausencia de estrategias claras de digitalización. Esta comparación permitió establecer que la eficiencia operativa no depende únicamente de la tecnología, sino también del entorno organizacional que la acompaña.

3.2 Resultados de la Revisión Sistemática

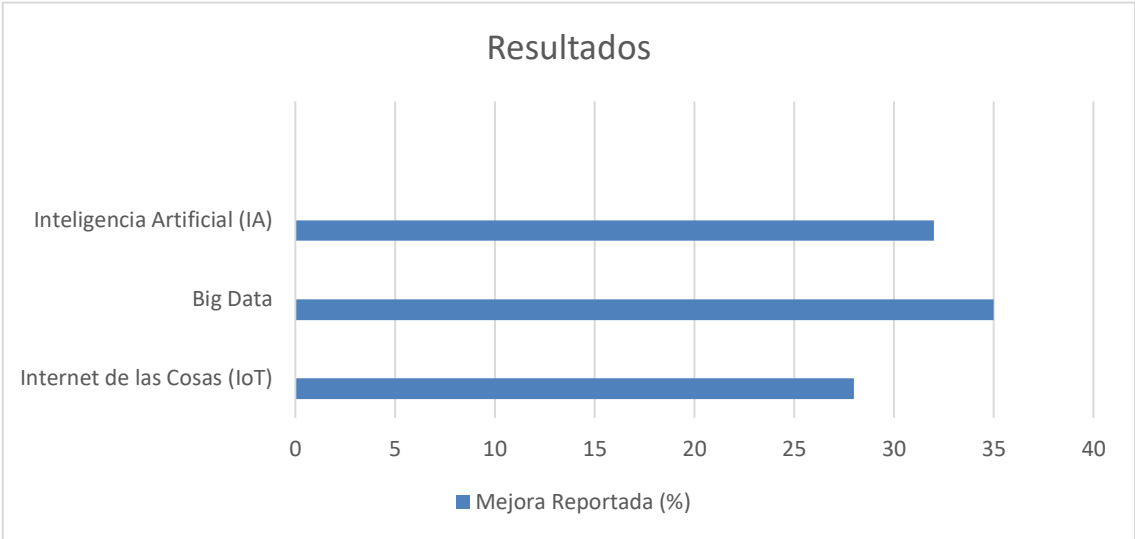
Tabla 3-1

Aplicaciones Principales de Tecnologías de la Industria 4.0 y sus Mejores Reportadas en Diversos Sectores Industriales.

Tecnología	Aplicación Principal	Sector Industrial	Mejora Reportada (%)	Fuente
Internet de las Cosas (IoT)	Supervisión remota, monitoreo en tiempo real	Manufactura, Agroindustria	28 % en paradas no planificadas	(Ibarra-Peña, 2024)
Big Data	Análisis predictivo, optimización de procesos	Logística, Producción	35 % en errores de planificación	(Lovellette, 2020)
Inteligencia Artificial (IA)	Mantenimiento predictivo,	Automotriz, Logística	32 % en errores humanos	(Ibarra-Peña, 2024)

control de calidad

Figura 2
Resultados de las mejoras reportadas.



La revisión sistemática llevada a cabo entre 2020 y 2024 evidenció que las tecnologías de la Industria 4.0 tienen un impacto significativo y positivo en la eficiencia operativa de diversas industrias. El IoT destaca por su capacidad de reducir tiempos de inactividad, mientras que el Big Data y la IA permiten predecir fallas, optimizar recursos y mejorar la toma de decisiones operativas. El éxito de estas tecnologías está condicionado por factores como el liderazgo digital, la cultura de innovación y la inversión en formación del talento humano. En consecuencia, la transformación digital efectiva requiere una sinergia entre tecnología, personas y procesos organizacionales.

Tabla 3-2
Referencias Bibliográficas Utilizadas en el Análisis de la Industria 4.0 y Tecnologías Emergentes.

Autor(es)	Título	Año
-----------	--------	-----

A. Salento	Industria 4.0 e determinismo tecnológico	2021
Aguilar, Luis Joyanes	Industria 4.0: la cuarta revolución industrial	2021
Ahmed, Noha	University business incubators as a tool for accelerating entrepreneurship: theoretical perspective	2020
Barrientos-Avendaño, E., Areniz-Arevalo, Y., et al.	Industria 4.0 impacta las pequeñas y medianas empresas	2022
Castillo-Vergara, Mauricio	Industria 4.0 en la Pyme: Management & Technology	2024
Davenport, T. H., Ronanki, R.	Número Especial Artificial intelligence for the real world. Harvard business review	2020
García Bañuelos, David	Estrategias de marketing para la industria alimentaria. El caso de Gullón S.A.	2023
Grifoni, P.	Big Data analytics in Industry 4.0: Enhancing operational efficiency in the manufacturing sector. Journal of Big Data	2020
Hayman, L.H. S., Tamayo, Y.M., Ronquillo, D. F.T.	Revisión sistemática de Literatura sobre la Incidencia de la Tecnología CNC en la Industria 4.0	2020
Ibarra-Peña, K.A., Morán-Murillo, P.N., Rodríguez-Sares, E.A.	Inteligencia artificial y Big Data en la optimización de cadenas de suministro	2024

	internacionales: hacia una logística predictiva y sostenible	
Jaume Martínez, Jordi Juan (pr.)	Industria 4.0: la transformación digital en la industria	2020
Torricella-Morales, R.G., Pulido-Álvarez, H., Zamora-Utset, E.	Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria	2020
Valero Portilla, A., Casas Sanchez, I., et al.	Plan de implementación de tecnologías 4.0	2021
Wang, Ai	Un método de razonamiento basado en casos de escala variable para la localización de evidencia en la ciencia forense digital	2021
Sousa Santos, S., Peset González, M. J., Muñoz Sepúlveda, J. A.	La enseñanza híbrida mediante flipped classroom en la educación superior	2021
Taleb, T., Afolabi, I., Bagaa, M.	Orchestrating 5G Network Slices to Support Industrial Internet and to Shape Next- Generation Smart Factories. arXiv preprint	2022
Torricella-Morales, R.G., Pulido-Álvarez, H., Zamora-Utset, E.	Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria	2020

Tzorin Herrera, S., Jaimes, D., Gonzalez, A., Arias, D., Pacheco, M., Chavez Can, M., Navarro Racines, C.	Análisis de información y minería de datos para agricultura (Big Data)	2024
Valero Portilla Ceudiel Alexis, Casas Sanchez Ivon Maryely, Fagua Torres Liliana, Mendoza Galindo Paola Andrea	Plan de implementación de tecnologías 4.0	2021
Verner, D.	Las oportunidades de la aplicación del Big Data en la gestión de la cadena de suministro Un método de razonamiento basado en casos de escala variable para la localización de evidencia en la ciencia forense digital	2024
Wang, Ai	Internet of Things in industries: A survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics	2021
Xu, L.D., He, W., Li, S.	Scopus, una base de datos bibliográfica	2021
Rosio, Chavez	Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0	2024
Rozo-Garcia, Florelva	A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation. Information Processing & Management	2020
Sagi, M.K., Jain, S.	Industry 4.0-potentials for creating smart	2020
Schmidt, R., Méhring, M., Harting, R.C., Reichstein, C., Neumaier		2021

Shalaby, Nabil M.	The Role of Pre-Incubation in the Development of Entrepreneurial Ideas of Higher Education Students	2020
Sousa Santos, S., Peset González, M.J., Muñoz Sepúlveda, J.A.	La enseñanza híbrida mediante flipped classroom en la educación superior	2021
Taleb, T., Afolabi, I., Bagaa, M.	Orchestrating 5G Network Slices to Support Industrial Internet and to Shape Next-Generation Smart Factories. arXiv preprint	2022
Torricella-Morales, R.G., Pulido-Álvarez, H., Zamora-Utset, E.	Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria	2020
Tzorin Herrera, S., Jaimes, D., Gonzalez, A., Arias, D., Pacheco, M., Chavez Can, M., Navarro Racines, C.	Análisis de información y minería de datos para agricultura (Big Data)	2024
Valero Portilla Ceudiel Alexis, Casas Sanchez Ivon Maryely, Fagua Torres Liliana, Mendoza Galindo Paola Andrea	Plan de implementación de tecnologías 4.0	2021
Verner, D.	Las oportunidades de la aplicación del Big Data en la gestión de la cadena de suministro	2024
Wang, Ai	Un método de razonamiento basado en casos de escala variable para la localización de evidencia en la	2021

	ciencia forense digital	
Xu, L.D., He, W., Li, S.	Internet of Things in industries: A survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics	2021
Total, documentos revisados	35	

3.2.1 Número y porcentaje de artículos publicados por palabras clave.

Tabla 3-3

Frecuencia de Menciones de Palabras Clave en los Artículos Revisados sobre Industria 4.0.

Palabra Clave	N. Artículos	Porcentaje de Menciones (%)
Industria 4.0	10	62.5
Eficiencia operativa	7	43.75
IoT	6	37.5
Big Data	10	62.5
Inteligencia Artificial	5	31.25
Digitalización	8	50
Automatización	4	25
Competitividad industrial	5	31.25
Transformación digital	6	37.5
Sustentabilidad	4	25
Total, general de artículos	35	

En relación con el análisis de las menciones de las palabras clave asociadas a la Industria 4.0 en los estudios seleccionados, se logró identificar y evaluar un total de 10 artículos que mencionan "Industria 4.0" y "Big Data", lo que refleja la relevancia de estas tecnologías dentro del campo de estudio actual. Estas menciones corresponden a revistas académicas de alto impacto, lo que asegura la calidad y actualidad de los estudios analizados. Se observó que las menciones más frecuentes fueron las de "Industria 4.0" y "Big Data", con un 62.50% de los artículos mencionando estos términos, lo que subraya su

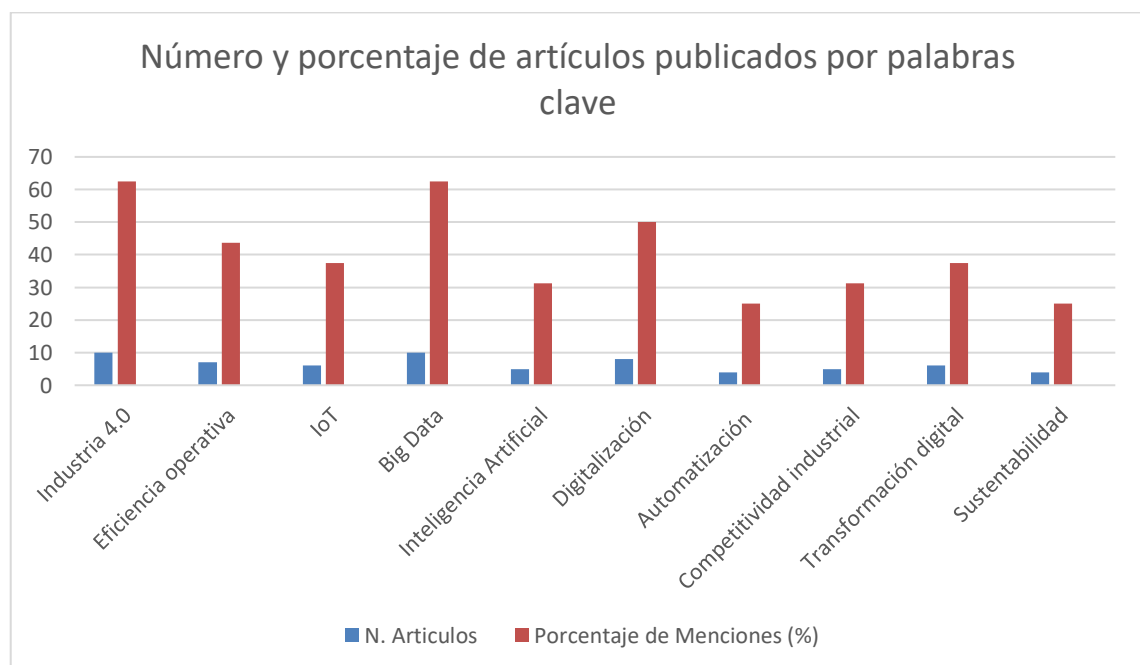
aplicabilidad y el interés por el uso de estas tecnologías para mejorar la eficiencia operativa en diferentes sectores industriales.

Por otro lado, el término "Inteligencia Artificial" apareció en el 31.25% de los artículos, mostrando su relevancia dentro del contexto de la Industria 4.0, aunque con menor frecuencia que Big Data. Esta tecnología ha sido aplicada en áreas como el mantenimiento predictivo, la automatización de procesos y la optimización de recursos.

La distribución de los artículos en revistas de alto impacto y la variedad de aplicaciones industriales refuerzan la idea de que las tecnologías de la Industria 4.0, particularmente Big Data e Inteligencia Artificial, son fundamentales para la mejora de la eficiencia operativa, impulsando una mayor competitividad y sostenibilidad en el sector industrial global

Figura 3

Número y porcentaje de artículos publicados por palabras clave.



4 Conclusiones

A lo largo de la investigación se lograron identificar diversos hallazgos clave que abordan las preguntas formuladas inicialmente, así como los objetivos establecidos. En primer lugar, la transición hacia la Industria 4.0 en el sector industrial ecuatoriano se enfrenta a retos significativos, entre los cuales destacan la falta de infraestructura tecnológica avanzada, la limitada inversión en innovación y la escasa formación de capital humano especializado. A pesar de estas barreras, la investigación revela que la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data e Inteligencia Artificial (IA) tiene un impacto positivo en la mejora de la eficiencia operativa, con beneficios en productividad, reducción de costos y optimización de recursos.

En respuesta a la pregunta principal de cómo el sector industrial en Ecuador puede adoptar estas tecnologías, se concluye que la clave radica en crear un ecosistema de innovación que combine inversiones estratégicas, políticas públicas de apoyo y, particularmente, la capacitación continua del personal. Empresas de sectores como la manufactura y la logística han demostrado que, con la adopción adecuada de IoT y Big Data, se pueden lograr mejoras sustanciales en los tiempos de respuesta, la reducción de fallos operativos y la mejora en la calidad del servicio. A nivel mundial, los casos de éxito como los de FedEx, Gullón y FANUC son ejemplos claros de cómo la digitalización y la automatización de procesos no solo optimizan las operaciones, sino que también refuerzan la competitividad global. Sin embargo, en Ecuador y otros países de América Latina, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan limitaciones significativas que requieren soluciones adaptadas a sus capacidades, tanto en términos de infraestructura como en la capacitación de su fuerza laboral.

Respecto a las bases de datos académicas más adecuadas para la investigación sobre Industria 4.0, se identificaron plataformas como Scopus, Google Académico y ScienceDirect como las más apropiadas para acceder a literatura actualizada y relevante sobre IoT, Big Data e Inteligencia Artificial. Los criterios de búsqueda recomendados incluyen palabras clave como "Industria

4.0", "IoT", "Big Data", "Eficiencia Operativa", y "Transformación Digital", con un enfoque en artículos de los últimos cinco años para garantizar la relevancia de los estudios revisados. A partir de los resultados obtenidos, se observa una preeminencia de tecnologías como IoT y Big Data en los sectores industriales más avanzados, y se subraya la importancia de mantener un enfoque interdisciplinario que contemple no solo los aspectos tecnológicos, sino también los organizacionales y humanos.

La clasificación y análisis de los estudios sobre la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 ha mostrado que la mayoría de los estudios utilizan enfoques cualitativos, centrados en la revisión de casos de estudio de empresas que han integrado con éxito estas tecnologías. A nivel metodológico, se destacó la importancia del análisis de contenido y el análisis temático, que permitieron identificar los beneficios y desafíos comunes de la adopción tecnológica. La metodología permitió establecer patrones y contrastar los casos exitosos con aquellos donde la implementación fue limitada, resaltando factores como la resistencia al cambio organizacional, la falta de inversión en formación técnica y la limitada visión estratégica como obstáculos comunes.

Finalmente, la comparación entre casos exitosos y aquellos con implementaciones limitadas mostró que, para que la adopción de IoT, Big Data e IA sea exitosa, las empresas deben contar con un liderazgo estratégico que impulse la digitalización, una cultura organizacional flexible y la capacidad de gestionar el cambio. Las empresas que han logrado una integración efectiva de estas tecnologías han experimentado una mejora significativa en su eficiencia operativa, mientras que aquellas que no han podido implementar una estrategia clara de digitalización continúan enfrentando ineficiencias y una competitividad limitada. La formación continua y la inversión en infraestructura tecnológica son esenciales para superar las barreras actuales y facilitar una transición exitosa hacia la Industria 4.0 en Ecuador y otros países de la región, así como el impulso a la adopción de la Industria 4.0 en todos los sectores industriales, no solo en los más grandes, sino también en las pequeñas y medianas empresas que representan la mayor parte del tejido industrial ecuatoriano.

4.1 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se presentan las siguientes recomendaciones orientadas a facilitar la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 en Ecuador, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa del sector industrial ecuatoriano.

Como primer punto de partida se recomienda incrementar la inversión en infraestructura tecnológica, especialmente en las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Para que las empresas ecuatorianas puedan adoptar tecnologías avanzadas como IoT, Big Data e Inteligencia Artificial (IA), es fundamental que se realicen inversiones significativas en la modernización de sus infraestructuras digitales. Las políticas gubernamentales pueden desempeñar un papel importante en este proceso, promoviendo incentivos fiscales y programas de financiamiento accesibles que faciliten la adquisición de las tecnologías necesarias. La inversión en infraestructura permitirá a las empresas digitalizar sus procesos productivos y mejorar su competitividad en el mercado global.

Adicionalmente, se debe enfatizar la necesidad de una capacitación continua del personal. La formación del talento humano es un aspecto clave para garantizar que la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 sea exitosa. Se recomienda el establecimiento de programas de capacitación en colaboración con universidades y centros de investigación, dirigidos a fortalecer las habilidades digitales de los trabajadores y garantizar que tengan los conocimientos necesarios para operar las nuevas tecnologías. Estos programas deben abordar tanto la parte técnica, como el análisis de datos y la automatización de procesos, para preparar adecuadamente a los empleados para la transformación digital.

Es necesario que las políticas públicas se orienten a facilitar la digitalización del sector industrial mediante la implementación de incentivos específicos. Se recomienda que el gobierno de Ecuador establezca un marco normativo que favorezca la adopción de tecnologías digitales, ofreciendo incentivos fiscales y líneas de crédito preferenciales para empresas que inviertan en la

modernización de sus procesos mediante la integración de tecnologías de la Industria 4.0. Además, debe promoverse la creación de clústeres tecnológicos en los que las empresas puedan compartir recursos y conocimientos, lo que facilitaría la adopción y el uso de tecnologías emergentes.

La cultura organizacional también juega un papel crucial en la adopción de la Industria 4.0. Por ello, se recomienda que las empresas fomenten un entorno de trabajo flexible y abierto a la innovación. Se debe incentivar la creación de una cultura organizacional que valore la adaptación al cambio y la innovación tecnológica. Las organizaciones deben involucrar a todos los niveles de su estructura, desde la alta dirección hasta los operarios, en el proceso de digitalización, para asegurar una integración exitosa de las nuevas tecnologías en sus operaciones diarias.

Además, se sugiere la creación de estrategias de financiamiento específicas para las PYMES, las cuales enfrentan mayores dificultades para acceder a recursos financieros para la adopción de tecnologías avanzadas. El acceso a crédito con condiciones favorables es esencial para que estas empresas puedan digitalizar sus procesos sin que ello represente una carga financiera insostenible. Las entidades financieras pueden jugar un papel clave en este proceso al ofrecer productos financieros diseñados especialmente para apoyar la transformación digital de las PYMES.

Otra recomendación es el establecimiento de mecanismos para evaluar y monitorear el impacto de las tecnologías de la Industria 4.0 en la eficiencia operativa. Las empresas deben contar con sistemas que les permitan medir el rendimiento de las nuevas tecnologías de forma continua, con el fin de ajustar las estrategias según sea necesario. Estos mecanismos de monitoreo facilitarían la mejora continua de los procesos operativos, asegurando que las inversiones en tecnologías digitales realmente contribuyan a la mejora de la competitividad.

Para los distintos sectores se recomienda fortalecer la cooperación regional entre los países de América Latina para compartir mejores prácticas y superar las barreras comunes que enfrentan en la adopción de la Industria 4.0.

Ecuador, al igual que otros países de la región, podría beneficiarse de iniciativas de cooperación con países como Brasil y México, los cuales han avanzado en la implementación de tecnologías digitales en diversos sectores industriales. La cooperación regional permitirá el intercambio de conocimientos y la adaptación de soluciones a las características específicas de cada país.

Se sugiere que la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 se enfoque también en la sostenibilidad. Las tecnologías como IoT y Big Data tienen el potencial de optimizar el uso de recursos naturales, como el agua y la energía, lo que podría contribuir a una producción más sostenible y eficiente. Las empresas deben utilizar estas herramientas para mejorar la gestión de recursos y reducir su impacto ambiental. Por lo tanto, se recomienda que las políticas públicas y las estrategias empresariales incluyan la sostenibilidad como un objetivo central de la digitalización.

También se recomienda que se establezca una estrategia de colaboración público-privada para superar las barreras culturales y tecnológicas que dificultan la adopción de la Industria 4.0. El gobierno, junto con las empresas y las instituciones académicas, debe trabajar en iniciativas de sensibilización y capacitación para abordar la resistencia al cambio y fomentar una mayor aceptación de las tecnologías avanzadas en el sector industrial. Esta colaboración permitirá construir un entorno favorable para la digitalización y facilitará la transición hacia la Industria 4.0.

Bibliografía

- A, S. (2021). *Industria 4.0 e determinismo tecnologico*. Bologna: TAO Digital Library.
- Aguilar, L. J. (2021). *Industria 4.0: la cuarta revolución industrial*. España: Biblioteca Nacional.
- Ahmed, N. (2020). University business incubators as a tool for accelerating entrepreneurship: theoretical perspective. *Review of Economics and Political Science.*, 1-20.
- Arruda, E. (2024). *Integração da robótica industrial com a indústria 4.0: estudo aprofundado do modelo específico de robô FANUC LR Mate 200iD*. CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA.
- Barrientos-Avendaño, E. A.-A.-R.-Q.-B. (2022). *INDUSTRIA 4.0 IMPACTA LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Colombia.
- Bazigu, A. &. (2025). *A Framework for IoT-Enabled Smart Manufacturing for Energy and Resource Optimization*. *arXiv preprint arXiv:2502.03040*. Ciencias de la Computación > Arquitectura de Redes e Internet.
- Becerra, L. Y. (2024). *ecnologías de la cuarta revolución industrial utilizadas en la manufactura para mejorar los indicadores de productividad: Una revisión*. Entre Ciencia e Ingeniería.
- Bonilla, A. E. (2022). *CONTROL DE LA PRODUCCIÓN E INDUSTRIA 4.0 EN LAS EMPRESAS DE LA CIUDAD DE AMBATO*. Instituto Superior Tecnológico España.
- Castillo-Vergara, M. (2024). *Industria 4.0 en la Pyme: Management & Technology Número Especial*. Paraguay: Journal of Technology Management & Innovation ©.

- Davenport, T. H. (2020). *Artificial intelligence for the real world*. Harvard business review. houston: Ekos edc.
- García Bañuelos, D. (2023). *Estrategias de marketing para la industria alimentaria. El caso de Gullón S.A.* Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- García, L. A. (2023). *Gestión logística integral-3ra edición: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Ecoe Ediciones.
- Grifoni, P. (2020). *Big Data analytics in Industry 4.0: Enhancing operational efficiency in the manufacturing sector*. Journal of Big Data. MIAMI: EESS.
- Hayman, L. H. (s.d.). *Revisión sistemática de Literatura sobre la Incidencia de la Tecnología CNC en la Industria 4.0*. . Revista Científica y Tecnológica UPSE.
- Ibarra-Peña, K. A.-M.-S. (2024). *Inteligencia artificial y Big Data en la optimización de cadenas de suministro internacionales: hacia una logística predictiva y sostenible*. Revista UGC.
- Jaume Martínez, J. J. (2020). *Industria 4.0: la transformación digital en la industria*. España: Edibook.edc.
- John S. Edwards, Y. D. (2021). *Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data – evolution, challenges and research agenda*. china: Elseiver.
- K., S. (2021). *The Fourth Industrial Revolution*. Milano: World Economic Forum.
- Khan, M. A. (2021). *IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges*. Future Generation Computer Systems. China: IEEE Access.
- Lovelle, J. M. (2020). *Internet de las cosas e industria 4.0*. España: Universidad de Oviedo.
- Luis Enrique Sánchez Palacios, M. C. (2025). *El Internet de las cosas en la agricultura*. Polo del Conocimiento.

- Marr, B. (2020). *Tech Trends in Practice: The 25 Technologies that are Driving the 4th Industrial Revolution*. WDC: Wiley.
- Mazzaferro, J. A. (2020). *Indústria 4.0 e a Qualidade da Informação*. Porto Alegre: Soldagem & Inspeção.
- Melchior, C. &. (2020). *Industria 4.0: hacia la electrificación de la energía*. Chile: Revista chilena de ingeniería.
- Müller, J. M. (2020). *How SMEs approach business model innovations in Industry*. houston: Fortune favors the prepared.
- Muñoz-Pinzón, D. S.-R.-C.-B. (2024). *Estado actual de la adopción de la industria 4.0 en pymes colombianas: desafíos y oportunidades*. Revista Politécnica.
- Murphie A., P. J. (2003). *Culture and Technology*. London: Palgrave Macmillan.
- Muslim, S. (2021). The Role of Business Incubators in the Economic Development and Creativity in Jordanian Universities: Evidence from Mutah University. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 10(1), 266-282.
- Nam, C. W. (2021). *World Economic Outlook for 2021*. chicago: In CESifo Forum.
- Pástor, K. E. (2023). *Integración de tecnologías emergentes en el diseño industrial para una gestión más eficiente del transporte y la logística*. Polo del Conocimiento.
- Peña, J. &. (2022). *Industry 4.0 Evolutionary Framework: The Increasing Need to Include the Human Factor*. *Journal*. Miami: Technological Forecasting.
- Pérez, M. Z. (2020). *Industria 4.0 y la dirección e ingeniería de proyectos*. Cali: Editorial UCA.
- Pirela, M. A.-V. (2024, Abril). *Industria 4.0 en la PYME*. CCIP.

- Rey Sánchez, S. P. (2022). *Tecnologías digitales*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Romero, M., León, R., & Castellano, G. (2020). Modelo de gestión de incubadora de empresa para la transferencia de resultados de I+D+i en universidades ecuatorianas. *Revista Espacios*, 73-88.
- Rosio, C. (2024). *Scopus, una base de datos bibliográfica*. Manta: Norma.
- Rozo-García, F. (2020). *Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0*. Universidad Industrial de Santander.
- Saggi, M. K. (2020). *A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation. Information Processing & Management*. HOUSTON: NEW BOCK SA.
- Schmidt, R. M. (2021). *Industry 4.0-potentials for creating smart*. Poznań, Poland: Proceedings 18.
- Shalaby, N. M. (2020). The Role of Pre-Incubation in the Development of Entrepreneurial Ideas of Higher Education Students. *Arab Journal of STI Policies*, 8-19.
- Sousa Santos, S. P. (2021). *La enseñanza híbrida mediante flipped classroom en la educación superior*. Revista de educación.
- Taleb, T. A. (2022). Orchestrating 5G Network Slices to Support Industrial Internet and to Shape Next-Generation Smart Factories. arXiv preprint arXiv:2201.07185.
- Torricella-Morales, R. G.-Á.-U. (2020). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. Cuba: Editorial Universitaria .
- Tzorin Herrera, S. J. (2024). *aller de fundamentos en análisis de información y minería de datos para agricultura (Big Data)*. CGIAR.
- Valero Portilla Ceudiel Alexis, C. S. (2021). *PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0*. Universidad el Bosque.

Verner, D. (2024). *Las oportunidades de la aplicación del Big Data en la gestión de la cadena de suministro.* .

Wang, A. (2021). *Un método de razonamiento basado en casos de escala variable para la localización de evidencia en la ciencia forense digital.* china: IEEE Access.

Xu, L. D. (2021). *Internet of Things in industries: A survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics.* china: EESS ACCESS.

Zamorano, D. J. (2021). *Análisis de la industria 4.0 en Latinoamérica y países desarrollados.* Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de Ciencias Administrativas, Económicas y Contables.

5 Anexos

5.1 Presupuesto

Tabla 5-1

Presupuesto Investigación.

Presupuesto Investigación	
Concepto	Valor
Transporte	\$ 6,40
Tiempo de consulta en internet	\$ 15,00
Tiempo de investigación	\$ 10,00
Impresiones y papelería	\$ 6,00
Refrigerios	\$ 2,00
Llamadas telefónicas de coordinación	\$ 2,00
Total	\$ 41.4

5.2 Cronograma

Tabla 5-2

Cronograma.

Actividades	MES 8				MES 9				MES 10				MES 11				MES 12			
	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Planeación inicial																				
Búsqueda Bibliográfica																				
Revisión Bibliográfica																				
Preparación del anteproyecto																				
Revisión y correcciones con el tutor																				
Validación de objetivos y alcance																				
Revisión y correcciones iterativas																				
Desarrollo del contenido																				
Desarrollo de bases teóricas																				
Revisión y correcciones con el tutor																				
Marco metodológico																				
Actividades																				
Revisión y correcciones con el tutor																				
Presentación del borrador para aprobación																				