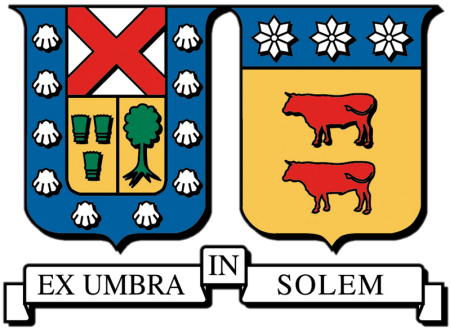


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA MEJORA CONTINUA DE PROCESOS INDUSTRIALES: ESCENARIO MUNDIAL Y NACIONAL.

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

AMAYA THAYS LARA VALDÉS

PROFESOR GUÍA

DR. RODRIGO MENA

PROFESOR CO-REFERENTE

MSc. SIMÓN GÓMEZ M.

SANTIAGO DE CHILE, 08 DE AGOSTO 2025

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales: escenario mundial y nacional.

Nombre del candidato(a): Amaya Thays Lara Valdés

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Industrial

Campus: Vitacura **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Rodrigo Mena Bustos, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 29/09/2026 **Firma:**

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 15-01-2026 **Firma:**

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Tabla de Contenidos

1 Agradecimientos **5**

2 Abstract **6**

3 Introducción **7**

4 Problema de Investigación **9**

5 Objetivos **11**

5.1 Objetivo general 11

5.2 Objetivos específicos 11

6 Alcance **12**

7 Marco Teórico **14**

7.1 Escenario actual para el desarrollo tecnológico 14

7.2 Inteligencia Artificial 14

7.3 Tipos de Inteligencia Artificial 15

7.4 Expectativas sobre la IA 16

7.5 Calidad 17

7.6 Mejora Continua 17

7.7 Eficiencia operacional 18

7.8 Inteligencia artificial y mejora continua en procesos industriales 18

7.9 Modelo Shingo para la excelencia operacional 20

7.9.1 Etapas del modelo shingo 21

7.10 Herramientas de análisis y evaluación 24

7.10.1 Indicadores clave de desempeño 24

8 Metodología **27**

8.1 Tipo de investigación 27

8.2 Diseño metodológico 27

8.3 Técnicas de recolección de información y criterios de selección 28

8.3.1 Recolección de información 28

8.3.2 Criterios de selección de información 29

8.4 Etapas de la Metodología 29

8.4.1 Revisión Bibliográfica 29

8.4.2 Clasificación Taxonómica 29

8.4.3 Análisis comparativo 30

8.4.4 Diseño de Propuesta para Adopción de IA 30

8.4.5 Conclusiones y Recomendaciones 30

8.5 Instrumentos 31

9 Resultados y Discusión **32**

9.1 Resultados a nivel mundial 32

9.2 Resultados a nivel nacional 57

9.3 Sector Minero 58

9.3.1 Antofagasta Minerals 58

9.4 Sector Alimentos 61

10 Conclusiones **64**

Índice de cuadros

Lista de Figuras

1 Ejemplo gráfico múltiples indicadores por variable más líneas 16

2 Diagrama de metodología de la investigación 31

3 Cantidad de publicaciones sobre inteligencia artificial según el sector a nivel mundial. 32

4 Cantidad de patentes concedidas a nivel mundial sobre inteligencia artificial. 34

5 Desglose por continentes de las patentes de inteligencia artificial concedidas. . . . 36

6 Adopción de IA por las organizaciones a nivel mundial entre los años 2022 y 2023. 37

7 Países con mayor variación en la contratación de inteligencia artificial. 39

8 Demanda de habilidades relacionadas con la inteligencia artificial en los mercados laborales. 40

9 Rendimiento esperado por la inteligencia artificial versus las capacidades humanas. 41

10 Proporción de empresas que utilizan IA para habilidades específicas. 42

11 Adopción de medidas de mitigación. 44

12 Tendencia de la inversión corporativa a nivel mundial para la IA. 45

13 Capacidades de IA integradas en al menos una función o unidad de negocio. 47

14 Adopción de IA por la industria según sus funciones. 48

15 Cambios en las tasas de adopción de inteligencia artificial por sector y función entre 2022 y 2023. 50

16 Áreas con mayores ahorros de costos y aumento en ingresos. 51

17 Número total de robots industriales instalados en todo el mundo por año. 53

18 La tendencia para el número de robots industriales instalados entre 2012 y 2022 para Top 5 países. 54

19 Cantidad de instalaciones en servicios profesionales en el mundo por sector. 55

20 Muestra los casos nacionales, el tipo de IA utilizado y su resultado clave. 57

21 Muestra los KPI informados por Antofagasta Minerals respecto de la utilización de IA en sus operaciones. 59

22 Muestra los KPI informados por NotCo respecto de la utilización de IA en sus operaciones. 62

1 Agradecimientos

En agradecimiento a mi madre por brindar ese apoyo incondicional, comprensión y dedicación durante este largo camino, a mi hermano que me entregó la motivación día a día para brindarle un buen ejemplo a seguir, y demostrar que los sueños se cumplen a pesar de los sacrificios que se deben hacer en el camino, a mi padre por inculcarme la ambición de mejora en el desarrollo laboral, a mis mascotas que estuvieron gran parte del camino brindando apoyo emocional hasta altas horas de la noche. A mi familia en general, sin ustedes no habría sido capaz de llegar a esta instancia, por sus mensajes de apoyo, aliento y admiración durante todos estos años.

A mis amigos de la universidad, quienes estuvieron ahí paso a paso, prueba tras prueba, lidiando con la vida adulta y la adquisición de conocimiento que por momentos parecía no terminar. Por cada momento compartido dentro y fuera de las salas de clases, gracias a ustedes este proceso se volvió cada vez más enriquecedor, logrando convertirnos en profesionales. A mis amigos del colegio, que estuvieron durante todo el proceso, que me nunca perdieron la fe y siempre apostaron por mí sin importar lo complicado del panorama.

A todas las personas que encontraron una inspiración en mi forma de enfrentar los desafíos de la universidad y a todas las personas que me inspiraron a lograr mis objetivos, siempre estaré inmensamente agradecida.

2 Abstract

Este documento presenta una investigación exhaustiva sobre el impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales, tanto a nivel mundial como nacional, con un enfoque en Chile. En la investigación se destaca el potencial de la IA para mejorar la eficiencia operativa mediante la automatización, la toma de decisiones basada en datos y la reducción de errores humanos en procesos industriales. Sin embargo, la implementación de IA en entornos industriales enfrenta desafíos significativos, tales como altos costos iniciales, complejidad técnica, la necesidad de reformular estrategias organizacionales y resistencia interna. A raíz de esto, surge la necesidad de cuestionar la viabilidad de la aplicación de la IA en la industria y sus efectos, lo que lleva al objetivo general de evaluar su impacto para optimizar la eficiencia operacional de las empresas. El estudio se enfoca en evaluar el uso de la IA como herramienta para la optimización de procesos industriales mediante modelos de mejora continua y la evaluación mediante indicadores clave de desempeño (KPIs). La metodología empleada es de tipo mixta (exploratoria, descriptiva, explicativa y comparativa) y considera un horizonte temporal de los últimos 10 años. Este documento busca proponer una metodología y un conjunto de recomendaciones prácticas para que las empresas chilenas adopten la IA de manera efectiva, superando sus desafíos y logrando una óptima eficiencia operacional. Se analizan casos nacionales como Antofagasta Minerals en el sector minero, que utiliza IA predictiva y analítica para optimizar la recuperación de cobre, logrando aumentar la producción y recuperación metalúrgica. Asimismo, se examina el caso de NotCo en el sector alimentario, que emplea IA generativa para el desarrollo de sus productos, destacando la reducción en tiempos de creación y su impacto competitivo. Cada caso también presenta sus limitaciones inherentes, como los altos costos de implementación y dependencia tecnológica.

3 Introducción

A lo largo de la historia, la tecnología ha sido un catalizador fundamental en la evolución de la sociedad y la industria. Desde la mecanización de la Primera Revolución Industrial hasta la producción en masa de la Segunda, cada era ha redefinido nuestra forma de interactuar y resolver problemas. Actualmente, nos encontramos en la Segunda Era de las Máquinas, un periodo en el que la computación avanzada y la inteligencia artificial (IA) están transformando no solo las industrias, sino también la sociedad en su conjunto. Esta nueva era, impulsada por tecnologías emergentes, está generando mejoras significativas en la eficiencia, la personalización y la sostenibilidad de los procesos de producción. La inteligencia artificial se presenta como una herramienta con el potencial de mejorar drásticamente la eficiencia operativa al permitir la automatización, la toma de decisiones basada en datos y la reducción de errores humanos en los procesos industriales. Sin embargo, esta tecnología plantea tanto oportunidades como desafíos para las personas, las empresas y la sociedad. La capacidad de las organizaciones para adaptarse y aprovechar la IA es clave para su competitividad en la economía digital, y aquellas que no la adopten corren el riesgo de quedar rezagadas. A pesar de sus beneficios potenciales, la implementación exitosa de la IA en entornos industriales enfrenta barreras significativas, tales como altos costos iniciales, complejidad técnica, la necesidad de reformular estrategias organizacionales, resistencia interna y la falta de competencias digitales.

En este contexto, surge la necesidad de cuestionar la viabilidad de la aplicación de la inteligencia artificial en la industria y sus efectos, tanto a nivel mundial como en Chile. Este estudio busca responder a interrogantes clave como: ¿Cuáles son las principales industrias a nivel mundial que han incorporado IA en sus procesos productivos y qué modelos de mejora continua utilizan

en conjunto con esta tecnología? ¿Qué industrias chilenas están utilizando la inteligencia artificial en sus procesos industriales y cómo se relaciona la mejora continua con el desarrollo de la IA en estos procesos?

El objetivo general de esta investigación es evaluar el impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales para optimizar la eficiencia operacional de las empresas. Para ello, se explorarán las tendencias mundiales de IA en la industria, se identificarán las principales industrias a nivel global y nacional (Chile) que la han implementado, se analizará la influencia de la IA en la eficiencia operativa mediante indicadores de desempeño, y se determinarán las barreras y desafíos para su implementación efectiva en Chile.

El alcance de este estudio se enfoca en la evaluación del impacto de la IA en la mejora continua de procesos industriales en un doble nivel de análisis: mundial y nacional (Chile), con un énfasis en industrias clave chilenas como la minería y los alimentos. La investigación se centrará en el uso de la IA como herramienta para la optimización de procesos, a través de modelos de mejora continua como el Modelo Shingo y Lean Manufacturing, y la evaluación mediante indicadores clave de desempeño (KPIs). El estudio empleará una metodología mixta (exploratoria, descriptiva, explicativa y comparativa), con un horizonte temporal de los últimos 10 años, con el fin de proponer una metodología y un conjunto de recomendaciones prácticas para que las empresas chilenas adopten la IA de manera efectiva, superando sus desafíos y logrando una óptima eficiencia operacional.

4 Problema de Investigación

A lo largo de la historia, la tecnología ha revolucionado a la sociedad, transformando el modo de interactuar y resolver problemas.

La Primera Revolución Industrial trajo consigo la mecanización de la producción utilizando la energía del vapor y el carbón, mientras que la Segunda Revolución Industrial vio la adopción de la electricidad y la producción en masa. Hoy, estamos en la Segunda Era de las Máquinas, donde la computación avanzada y la inteligencia artificial están transformando no solo las industrias, sino también la sociedad en su conjunto (Brynjolfsson et al., 2016).

En este contexto, la industria actual, impulsada por tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, está transformando los procesos de producción, llevando a mejoras significativas en eficiencia, personalización y sostenibilidad (Mojtaba Ghobakhloo, 2020).

La IA tiene el potencial de mejorar drásticamente la eficiencia operativa al permitir la automatización, la toma de decisiones basada en datos y la reducción de errores humanos en los procesos industriales (Schroeder et al., 2008).

Esta tecnología plantea oportunidades y desafíos para las personas, empresas y la sociedad en general. En este contexto:

La capacidad de las empresas para adaptarse y aprovechar las oportunidades de la IA es clave para su competitividad en la economía digital. Aquellas que no adopten estas tecnologías corren el riesgo de quedar rezagadas (Fountaine et al., 2019).

Lo anterior, se convierte en un factor crítico para lograr mantener la competitividad en las empresas y organizaciones en los diversos sectores productivos. Cabe destacar que:

Si bien la IA tiene el potencial de transformar la productividad y la innovación, su imple-

mentación exitosa en las organizaciones industriales depende de superar barreras significativas, como la resistencia organizacional y la falta de competencias digitales (Ransbotham et al., 2017). Por ende, se debe tener en cuenta el contexto organizacional propio de cada empresa y la holgura económica para sobrellevar a un cambio de tecnología donde se sabe que:

A pesar de los beneficios potenciales de la IA, las empresas industriales enfrentan varios desafíos, incluyendo altos costos iniciales, complejidad técnica y la necesidad de reformular sus estrategias organizacionales (Tortorella y Fettermann, 2017).

A raíz de esto, surge la necesidad de cuestionar la factibilidad de aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la industria y sus efectos tanto a nivel mundial como a nivel nacional (Chile). A partir de esto, se plantean interrogantes como ¿Cuáles son las principales industrias a nivel mundial que han incorporado inteligencia artificial en sus procesos productivos? ¿Qué modelos y herramientas de mejora continua se están utilizando en conjunto a la inteligencia artificial para optimizar estos procesos productivos? ¿Qué industrias chilenas están utilizando la inteligencia artificial en sus procesos industriales?¿Cómo se relaciona el concepto de mejora continua con el desarrollo de la inteligencia artificial en los procesos industriales? La finalidad de este estudio es evaluar los impactos de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales para optimizar la eficiencia operacional de las empresas considerando experiencias globales y regionales para proponer una metodología que permita optimizar la eficiencia operacional de las empresas chilenas.

5 Objetivos

5.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales para optimizar la eficiencia operacional de las empresas.

5.2 Objetivos específicos

- Explorar las principales tendencias mundiales respecto a la utilización de inteligencia artificial en procesos industriales, a fin de identificar las industrias más representativas en cada escenario.
- Identificar las principales industrias a nivel mundial que han implementado inteligencia artificial en sus procesos productivos, con el fin de analizar los modelos y herramientas.
- Analizar las principales industrias en Chile que han implementado IA en sus procesos productivos, con el fin de evaluar la influencia de esta tecnología en la eficiencia operativa mediante indicadores de desempeño.
- Determinar las principales barreras y desafíos que enfrentan las empresas industriales en Chile para la implementación efectiva de inteligencia artificial, a fin de proponer estrategias que faciliten su implementación y sostenibilidad en el tiempo.

6 Alcance

Este estudio se enfocará en evaluar el impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales en dos niveles de análisis: mundial y nacional (Chile), con foco en las principales industrias chilenas que utilizan inteligencia artificial en sus operaciones.

La investigación se centrará en el uso de IA como herramienta para la optimización de procesos industriales por medio de la identificación de actividades que agregan valor a las organizaciones seleccionadas, utilizando modelos de mejora continua, mapeo de procesos y la evaluación del impacto de la inteligencia artificial mediante indicadores clave de desempeño (KPI).

Para el escenario mundial, se considerará la exploración de tendencias globales en la implementación de inteligencia artificial en la industria, destacando los avances tecnológicos y sectores productivos más afectados. Por otro lado, para el escenario nacional, se realizará un análisis detallado de las dos industrias chilenas con mayor adopción de IA dentro de sus procesos productivos, con énfasis en sus impactos en la mejora continua y eficiencia productiva. La selección de las industrias que lideran la implementación de inteligencia artificial en Chile se realizará mediante una exhaustiva revisión bibliográfica y análisis de datos estadísticos disponibles.

Este estudio abordará modelos y herramientas para evaluar y optimizar procesos industriales tales como: el modelo Shingo, Lean Manufacturing, Mapeo de Procesos Industriales e Indicadores de desempeño (KPI). Centrándose en analizar el impacto en la eficiencia productiva, la mejora en la toma de decisiones y la sostenibilidad en los distintos niveles de implementación tecnológica. Dado el enfoque planteado, se realizará un tipo de investigación mixta del tipo exploratoria, descriptiva, explicativa y comparativa para dar respuesta a las interrogantes planteadas y abordar los diversos escenarios expuestos.

Para abordar lo anterior, se determinará una organización taxonómica comparativa de los análisis a realizar, con el objetivo de clasificar sistemáticamente la información por industria, tipo de inteligencia artificial, modelos de mejora continua que se utilizan y la geografía de la aplicación.

En esta línea, se define un horizonte temporal de estudio correspondiente a los últimos 10 años, considerando la rápida evolución de la IA en el sector industrial. Estableciendo un enfoque geográfico principal en Chile, involucrando un análisis comparativo con el escenario mundial.

Como se mencionó, este estudio busca diseñar una propuesta metodológica que combine modelos de mejora continua con herramientas de inteligencia artificial con el fin de optimizar procesos industriales. Con ello, generar un conjunto de recomendaciones para que las empresas chilenas logren adoptar tecnologías como la inteligencia artificial de manera efectiva en sus organizaciones; finalmente, identificar las barreras y desafíos que limitan la implementación de la IA en la industria nacional.

Es relevante mencionar que en este estudio no se considerarán empresas que no cuenten con información suficiente sobre sus procesos productivos. Así como, no se abordará la aplicación de IA en áreas administrativas, comerciales o de recursos humanos.

7 Marco Teórico

Para entender el problema planteado es necesario comprender tanto el significado de la inteligencia artificial como el concepto de mejora continua en procesos industriales. Además, de conocer el contexto actual en relación al desarrollo tecnológico.

7.1 Escenario actual para el desarrollo tecnológico

Hoy en día, nos encontramos en un mundo que requiere constante evolución tecnológica para el desarrollo de múltiples tareas. Respecto a esto, se habla sobre el cambio de era tecnológica que acontece actualmente, donde se determina que:

"Estamos en la Segunda Era de las Máquinas, donde la tecnología digital está comenzando a reemplazar no solo las tareas físicas, sino también las cognitivas" (Brynjolfsson et al., 2016).

En efecto, el desarrollo tecnológico estos últimos años ha incrementado de formar considerable, un ejemplo de esto es:

"La capacidad de procesamiento de las computadoras se duplica aproximadamente cada dos años, lo que permite que las máquinas realicen tareas cada vez más complejas" (Brynjolfsson et al., 2016).

De esto, se determina que el avance de la tecnología está a portas de lograr un desarrollo superior en cuanto a la inteligencia artificial.

7.2 Inteligencia Artificial

Como se dijo anteriormente, uno de los avances más significativos de los últimos años ha sido la Inteligencia Artificial.

"La inteligencia artificial es un campo de estudio de la informática, que pretende desa-

rrollar máquinas que puedan ser capaces de realizar tareas que usualmente requieren inteligencia humana, esto incluye habilidades como el aprendizaje, razonamiento, reconocimiento de patrones, comprensión del lenguaje natural y resolución de problemas" (Reñe y Carinci, 2023). A partir de esto, se distinguen dos tipos de inteligencia artificial y sus respectivas utilidades.

7.3 Tipos de Inteligencia Artificial

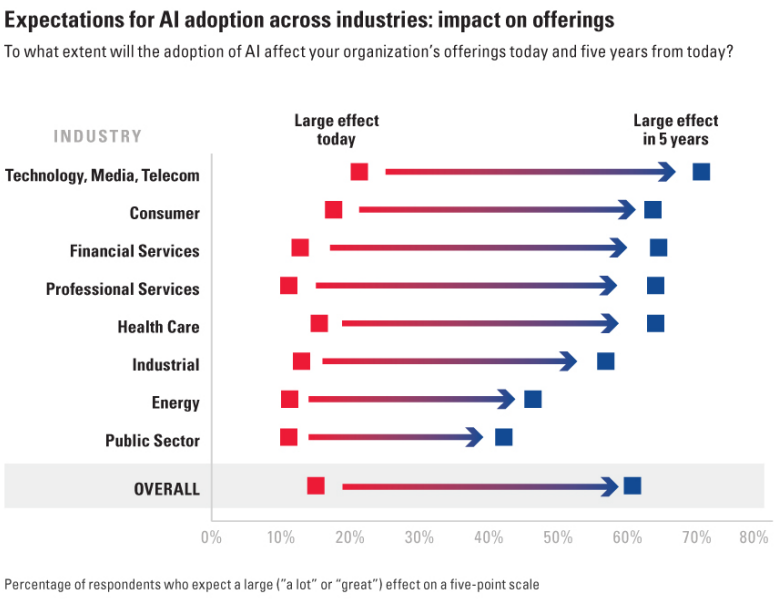
Reñe y Carinci señalan que estos tipos de inteligencias presentan como diferencia fundamental el desarrollo de tareas intelectuales, aunque aún no se ha logrado. Actualmente, se utilizan los conceptos de IA débil y fuerte para clasificar este tipo de tecnología.

- Inteligencia Artificial débil: También conocida como IA específica, es aquella que está diseñada para realizar tareas específicas, como el reconocimiento de voz o el análisis de datos Reñe y Carinci. Hoy en día se utilizan dos tipo de inteligencia artificial débil, la generativa y la discriminativa.
    - IA generativa: Los modelos generativos intentan modelar cómo se genera un conjunto de datos, lo qe les permite crear nuevas muestras a partir de distribuciones aprendidas (Goodfellow et al., 2016).
    - IA discriminativa: Los modelos discriminativos modelan la probabilidad condicional de una etiqueta dada una entrada, permitiendo clasificar o predecir resultados a partir de datos conocidos (Goodfellow et al., 2016).
- Inteligencia Artificial fuerte: También conocida como IA general, es aquella que puede realizar cualquier tarea intelectual que un ser humano puede hacer, aunque todavía no se ha logrado.

7.4 Expectativas sobre la IA

Según lo planteado por Ransbotham et al., las expectativas sobre los efectos de la IA en las ofertas de las empresas son consistentemente altas en todos los sectores de la industria (véase la Figura 1). En la industria de la tecnología, los medios de comunicación y las telecomunicaciones, el 72 % de los encuestados esperan grandes efectos de la IA en cinco años, un aumento de 52 puntos porcentuales con respecto al número de encuestados que actualmente informan grandes efectos. Sin embargo, incluso en el sector público (la industria con las expectativas generales más bajas sobre los efectos de la IA), el 41 % de los encuestados esperan grandes efectos de la IA en cinco años, un aumento de 30 puntos porcentuales con respecto a los niveles actuales. Este optimismo es evidente e independiente del tamaño o la geografía de la organización.

Figura 1
Ejemplo gráfico de las expectativas sobre la inteligencia artificial.



Fuente. Ransbotham et al., 2017, p.5

Tomando en cuenta estos datos, se prevee que las expectativas relacionadas a la inteligencia artificial permanezcan en aumento en los próximos años.

7.5 Calidad

En cuanto a la calidad, existen múltiples definiciones, que convergen en ideas similares. Según Juran: “la calidad es la satisfacción del cliente” o bien es “Adecuado para el uso”. Por otro lado, Deming señala que: “la calidad debe ser entendida en términos de satisfacción del cliente y eliminación de desperdicios”.

Ambos autores relacionan la calidad a la satisfacción al cliente y la eliminación de residuos dentro de los procesos industriales. A partir de esto, se define el concepto de mejora continua.

7.6 Mejora Continua

Respecto a este concepto, Institute plantea que la mejora continua es un enfoque sistemático y proactivo que buscar incrementar la eficiencia, la calidad y la efectividad de los procesos, productos y servicios dentro de una organización. Este concepto se basa en la premisa de que siempre hay oportunidades para realizar mejoras, sin importar cuán bien se estén ejecutando las operaciones actuales. Este enfoque, implica la identificación y eliminación de desperdicios, la optimización de recursos y la implementación de cambios incrementales que, a lo largo del tiempo, pueden resultar en mejoras significativas. Además, este proceso es impulsado por la participación de todos los miembros de la organización fomentando una cultura donde cada empleado se sienta empoderado para contribuir a la mejora de los procesos diarios.

Por otro lado, Juran coindice con la visión anterior, señalando que la mejora continua es un ciclo que involucra la planificación, el control y la mejora de los procesos.

Finalmente, Deming considera que La mejora continua debe ser el objetivo de todos los niveles de la organización, y cada miembro debe participar en la mejora de los procesos.
Estas visiones permiten incluir el concepto de mejora continua en los procesos productivos de las empresas que se encuentran en una búsqueda constante de la eficiencia operacional.

7.7 Eficiencia operacional

En cuanto al concepto de eficiencia operacional, existen diversas definiciones. Schroeder et al., señalan que la eficiencia operativa implica la integración de todos los recursos disponibles en la organización para lograr el mejor rendimiento posible en la producción. Por otro lado, Brynjolfsson et al., plantean que la eficiencia operativa se refiere a la capacidad de una organización para maximizar la producción y minimizar los costos, al tiempo que se mantienen altos estándares de calidad.

De ambos planteamientos, se determina que el concepto de eficiencia operativa implica la correcta utilización de los recursos disponibles, la capacidad de maximizar la producción y reducir los costos, manteniendo el nivel de calidad establecido en la organización.

Ahora, tomando en cuenta los conceptos definidos, se establecerá el rol que tiene la inteligencia artificial y la mejora continua en los procesos industriales.

7.8 Inteligencia artificial y mejora continua en procesos industriales

Para las organizaciones, la incorporación de mejora continua e inteligencia artificial en los procesos industriales es fundamental en el escenario actual de desarrollo tecnológico. Por un lado, se tiene que:

“La inteligencia artificial no solo transforma los procesos industriales, sino que también

potencia la mejora continua al proporcionar análisis en tiempo real y basado en recomendaciones en datos, lo que permite a las organizaciones ajustar sus operaciones de manera más efectiva" (Fountaine et al., 2019).

En esta línea, la incorporación de la mejora continua en la organización sumado a la herramienta de inteligencia artificial, permite mantener el control en tiempo real de las operaciones. Además, se tiene que:

"Las organizaciones que implementan IA en sus procesos industriales son capaces de identificar ineficiencias y oportunidades de mejora continua más rápidamente, lo que resulta en una mejor calidad y eficiencia operativa." (Ransbotham et al., 2017).

Este nivel de respuesta, permite a las organizaciones disminuir los costos de ineficiencia en los procesos industriales. Sumado a esto, Schroeder et al., señala que la inteligencia artificial puede ser vista como una herramienta clave en la mejora continua, ya que permite a las organizaciones analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y áreas de mejora en sus operaciones.

Ahora, en el contexto nacional según el estudio realizado por Latinoamérica en Chile, el mercado de la IA ha experimentado un crecimiento del 26 %, con los sectores de manufactura, energía y comercio liderando este aumento. La principal aplicación de esta tecnología es en la creación de asistentes de servicio al cliente. Además, el 49 % de las organizaciones en Chile han implementado la IA en menos de 6 meses, superando ligeramente el promedio gobal del 48 %. Chile se distingue por su sólida adopción y desarrollo de la IA, lo cual es impulsado por un marco regulatorio proactivo, la presencia de centros de investigación y un marco interés empresarial en sectores estratégicos de la economía como finanzas y energía.

Cabe destacar que el estudio consultó a 320 organizaciones con más de 1000 empleados en Ar-

gentina, Chile, Colombia y Perú. Donde el 48 % de estas empresas, afirman que el gran beneficio que perciben de la IA está en la mejora de la productividad a partir de los resultados operacoinales. Esto se refleja en la generación de nuevas fuentes de ingresos, ahorros y eficiencia, así como en un mayor compromiso hacia los clientes. Lo anterior, refuerza la importancia que tiene la incorporación de la inteligencia artificial en las organizaciones nacionales, ya que no sólo incrementan las fuentes de ingresos, sino que mantienen y mejoran su posicionamiento estratégico, adaptandose a las cosntantes necesidades del mercado. A partir de lo definido anteriormente, se procederá a establecer los modelos que se utilizarán.

7.9 Modelo Shingo para la excelencia operacional

Según lo planteado por Institute (2014), el modelo Shingo proporciona a las organizaciones principios que las guían hacia los objetivos de excelencia operativa alineando el comportamiento con los resultados ideales mediante facilitadores culturales, mejora continua de procesos y alineación empresarial.

Por lo tanto, este modelo, permitirá identificar si la excelencia operacional de las organizaciones cumplen los lineamientos establecidos o requieren de una modificación. Además, se destaca que:

"El modelo Shingo enfatiza el respeto por cada individuo y la mejora continua, creando una cultura donde todos participan en la búsqueda de formas de mejorar y eliminar el desperdicio." (Kenney y Florida, 1993).

Entonces, permitirá un enfoque holístico en la cultura organizacional orientada a la mejora continua en las organizaciones y con ello, sus implicancias tanto en mejora continua como en IA.

7.9.1. Etapas del modelo shingo

Según lo planteado por Institute (2014), este modelo se basa en 5 elementos fundamentales para una organización que permiten la transición hacia una cultura organizacional de excelencia operacional. Estos elementos son: Principios guía, herramientas, sistemas, resultados y cultura.

- **Principios guía**: Promueven la transformación cultural y la optimización de procesos, concentrándose en tres perspectivas que guían a las distintas organizaciones hacia una mejora continua sostenible a largo plazo.

  - **Perspectiva cultural**: Se enfoca en la creación de una cultura organizacional basada en el respeto por los individuos y la mejora continua. Esta perspectiva, aborda principios que impulsan el compromiso de todos los niveles organizacionales.

    - **Principio de respeto a cada individuo**: Aplicar el respeto en todos los niveles de la organización es fundamental para el desarrollo de esta, dado que las personas se sienten estimuladas cuando se demuestra este tipo de respeto.

    - **Principio de liderazgo con humildad**: Los líderes deben ser el ejemplo del comportamiento organizacional, ya que su disposición influye en la predisposición de las personas al trabajo. Los líderes deben motivar a los empleados a asumir responsabilidades en la mejora continua.

  - **Perspectiva de procesos**: Se enfoca en optimizar los procesos y asegurar la calidad desde el origen para mejorar el flujo de trabajo. Esta perspectiva, contiene principios que promueven la mejora continua dentro de la organización.

    - **Principio de calidad en la fuente**: Se concentra en la importancia de solucionar

problemas desde su origen, asegurando que los productos cumplan con los estándares de calidad desde su etapa inicial.

- **Principio de mejora de flujo y jalón de valor**: Se centra en la necesidad de un flujo continuo para la creación de valor, se eliminan las barreras y cuellos de botella para mantener los procesos de forma fluida.
- **Principio de enfoque en el proceso**: Destaca la importancia de mejorar y optimizar los procesos individuales como parte de la excelencia operacional, dado que todos los resultados son la consecuencia de un proceso.
- **Principio de búsqueda de la perfección**: Se basa en impulsar una búsqueda constante de mejoras incrementales y ajustes en los procesos, ya que esta búsqueda mentaliza a las personas y genera una cultura de mejora continua, beneficiando la sostenibilidad de la organización.
- **Principio de mejora continua**: Se centra en un proceso iterativo de evaluación y optimización de los procesos individuales como parte de la excelencia operacional, permite corregir los procesos de manera sistemática.

- **Perspectiva de resultados**: Se enfoca en alinear los esfuerzos de la organización con los resultados que se desean obtener, para garantizar que los procesos logren crear valor para el cliente y sean sostenibles a largo plazo.
  - **Principio de enfoque en el cliente**: Establece que el cliente define el valor y la organización debe ser capaz de alcanzar y/o superar las expectativas de este orientando todos los procesos hacia la satisfacción del cliente.
  - **Principio de crear constancia en el propósito**: Se debe asegurar que todos los

procesos estén alineados con la misión y objetivos de la organización.

- **Principio de pensar sistemáticamente**: Fomenta la colaboración e integración de todos los procesos hacia un objetivo común.

- **Herramientas**: Se utilizan para visibilizar el proceso y facilitar la mejora, son métodos específicos que permiten identificar problemas y optimizar el flujo de trabajo. Cabe destacar que las herramientas de mejora continua, como el mapeo de flujo de valor, son esenciales, pero deben utilizarse en un contexto de respeto y aprendizaje organizacional, es decir, son útiles solo cuando están alineadas con los principios guía.

- **Sistemas**: Se refiere a las políticas y prácticas que determinan cómo se aplican las herramientas y cómo se implementaran los principios en la organización. Estos sistemas permiten que los valores de la organización se vean reflejados de forma coherente en procesos de carácter diario. Entonces, un sistema efectivo alinea las herramientas y principios con la misión de la organización, asegurando que todos los procesos respalden la excelencia operacional.

  - Sistemas de gestión: Son estructuras organizacionales que guían y controlan las operaciones y procesos para alcanzar objetivos específicos, estos sistemas incluyen políticas, normas y protocolos diseñados para garantizar la calidad, seguridad y sostenibilidad de los procesos.

  - Sistemas de mejora: Son prácticas y metodologías que incentivan la optimización y el desarrollo continuo de los procesos y resultados. Estos sistemas, como el ciclo PDCA o Lean Six Sigma, se enfocan en eliminar ineficiencias, reducir errores y asegurar que los procesos puedan satisfacer los requerimientos de los clientes.

  - Sistemas de trabajo: Son estructuras que organizan la ejecución de tareas diarias de los empleados, incluyen métodos de organización, comunicación y coordinación para mejorar la eficiencia dentro del área de trabajo.

- **Resultados**: Son indicadores claves que facilitan la medición del éxito de la implementación de las herramientas y los sistemas dentro de la organización. Los resultados son el efecto final de sistemas y principios bien implementados, no el punto de partida de la excelencia operacional. Generalmente, se utilizan indicadores clave de desempeño (KPI's) que se abordaran más adelante.

- **Cultura**: Establece una base sólida que respalda los elementos de la organización, además asegura que los empleados integren los principios de mejora continua de forma natural y comprometida. La cultura organizacional es el terreno fértil donde se siembran los principios de mejora continua y donde las herramientas y sistemas encuentran su propósito.

7.10 Herramientas de análisis y evaluación

7.10.1. Indicadores clave de desempeño

Los indicadores clave de desempeño (Key Performance Indicators o KPI) son métricas que se utilizan para medir el progreso y el éxito de una organización en relación al logro de sus objetivos estratégicos. Los KPI permiten evaluar el rendimiento de procesos y aportar datos importantes para la toma de decisiones. Según Marr (2015): "Los KPI deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales, sirviendo como una brújula que guía el desempeño organizacional." (Marr, 2015). Los indicadores clave de desempeño normalmente se clasifican en dos tipos:

- Indicadores retrasados: Son métricas que evidencian el desempeño pasado de los procesos,

son útiles para evaluar el éxito o fracaso de las estrategias implementadas, miden el desempeño real de la organización.

- Indicadores adelantados: Son métricas que permiten predecir el desempeño futuro de la organización, facilitan la anticipación a posibles resultados, son útiles para identificar tendencias y sectores de riesgo o mejora de forma anticipada, contribuyendo a la planificación estratégica y toma de decisiones.

Como señala Parmenter (2015): "Una organización eficaz utiliza una combinación de indicadores adelantados y retrasados para obtener una visión completa de su desempeño y ajustar su estrategia en consecuencia." (Parmenter, 2015).

Para efectos de este documento, se utilizarán 5 indicadores de desempeño que permitirán medir y evaluar el impacto de las estrategias de mejora continua y la implementación de inteligencia artificial en procesos industriales:

- **Eficiencia General del Equipo**: Mide la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos dentro de un proceso productivo. Es crucial para identificar cuellos de botella y sectores donde los recursos no se utilizan de forma correcta.

- **Tiempo de ciclo**: Evalúa el tiempo que demora un proceso en ser completado, desde el inicio hasta el final. Este indicador, permite detectar retrasos y actividades que no agregan valor a la organización.

- **Tasa de reducción de desperdicios**: Mide la reducción de desperdicio en comparación con el estado inicial del proceso. Es fundamental en la mejora continua.

- **Precisión de predicciones**: Evalúa la capacidad de los métodos de inteligencia artificial para

predecir tendencias, comportamientos y/o resultados. Es clave para medir el impacto de la IA en la toma de decisiones estratégicas.

- **Nivel de satisfacción del cliente**: Mide la percepción del cliente sobre la calidad del producto. Es crucial para conectar las mejoras internas con los resultados percibidos de forma externa.

Estos indicadores, contribuyen a la medición de la eficiencia operativa, la evaluación de la inteligencia artificial y el impacto de las mejoras internas en relación a la satisfacción del cliente.

8 Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se define la metodología a utilizar.

8.1 Tipo de investigación

Este estudio empleará 5 tipos de investigación: aplicada, exploratoria, descriptiva, comparativa y explicativa. Una investigación aplicada, dado que busca generar conocimiento útil para mejorar procesos industriales por medio del uso de la inteligencia artificial, permitiendo su aplicación en industrias. Exploratoria, ya que se trata de tecnologías emergentes que aún se están desarrollando. Descriptiva y comparativa, estas permitirán observar cómo se implementa la inteligencia artificial en los distintos escenarios y rubros, para ello se clasificará la información por sector geográfico, industrias, tipos de inteligencia artificial utilizados y modelos de mejora continua. Explicativa, porque se analizarán las causas y efectos de la implementación de la inteligencia artificial en el contexto de mejora continua. Lo anterior, con la finalidad de lograr analizar casos a nivel mundial y nacional, por medio de la descripción de patrones, explicación de resultados obtenidos y la comparación de casos. Debido a esto, se optó por utilizar un enfoque mixto de investigación con herramientas cualitativas y cuantitativas, como el uso de KPI, tendencias, métricas de impacto, análisis de literatura y reportes.

8.2 Diseño metodológico

Esta investigación está basada en una estructura taxonómica comparativa, que facilita tanto el análisis sistemático como la organización de la información para los dos escenarios a evaluar.

- Región Geográfica: Se analizarán dos escenarios: mundial y nacional.
    - Escenario Mundial: Se explorarán las industrias que presentan mayor utilización de in-

teligencia artificial en sus procesos productivos, donde se identificarán las herramientas usadas, los modelos de mejora continua presentes y los resultados obtenidos.

- Escenario Nacional: Se analizarán en detalle dos industrias chilenas que mantengan sus índices de utilización de inteligencia artificial altos, para evaluar su impacto en la eficiencia productiva, la mejora continua y la influencia en la toma de decisiones.

- Tipo de industria: Se clasificará la información según la industria a la que pertenece, estas pueden ser minería, manufacturera, alimentos, energía, entre otras.
- Tipo de IA: Se clasificará el tipo de tecnología utilizada dependiendo del uso, puede ser generativa, discriminativa o predictiva.
- Modelo de mejora continua que aplica: Puede ser Shingo, Lean, Six sigma, PDCA, entre otras.

Esta estructura ayudará con el análisis y comparación de los patrones de adopción, e impacto de la inteligencia artificial en las industrias. Adicionalmente, se analizarán los resultados obtenidos por medio de los indicadores de desempeño y las posibles barreras que deban enfrentar las industrias.

8.3 Técnicas de recolección de información y criterios de selección

8.3.1. Recolección de información

Para llevar a cabo la investigación, se recopilará información desde fuentes académicas, artículos científicos, informes, libros y reportes de instituciones certificadas. Se consultarán fuentes como: Journal of cleaner production, Harvard Business Review, MIT Sloan Management Review, International Journal of Production Research.

8.3.2. Criterios de selección de información

Se establecen 4 criterios principales para la seleccicón de información. En primer lugar, el año de realización de la investigación, sólo se considerará la información disponible desde el año 2014 hasta el año 2025, debido al constante cambio de tendencias mundiales respecto a la inteligencia artificial. En segundo lugar, se debe considerar la relevancia en cuanto a la Inteligencia Artificial y su aplicación en la industria. En tercer lugar, se debe contar con información práctica documentada para poder comparar los resultados presentados. En cuarto lugar, la cobertura geográfica donde se debe considerar Chile y el escenario mundial.

8.4 Etapas de la Metodología

8.4.1. Revisión Bibliográfica

Se recaba información en diversas fuentes académicas y científicas, como informes, artículos científicos, libros, reportes de instituciones, etc. Se identifican las fuentes relevantes y se procede a categorizar la información según la industria, región geográfica, tipo de IA y modelo de mejora continua. Esto con foco en la aplicación de IA en la industria, modelos de mejora continua, indicadores clave de desempeño (KPI's) y escenarios de implementación mundial y nacional.

8.4.2. Clasificación Taxonómica

A partir de las clasificaciones descritas, se ordenará y clasificará la información según las dimensiones definidas, además de construir categorías de análisis permitiendo sistematizar los datos cualitativos y cuantitativos, lo que facilitando el análisis para los diferentes escenarios.

8.4.3. Análisis comparativo

A partir de la etapa anterior, se aplica un análisis comparativo con la finalidad de contrastar los resultados respecto a:

- Industrias Globales con Industrias Chilenas
- Sectores Productivos que han implementado inteligencia artificial
- Modelos de mejora continua utilizados
- Barreras de implementación

Una vez realizado el análisis, se debe evaluar el impacto y la eficiencia según los indicadores de desempeño por industria, identificando las diferencias clave entre los contextos.

8.4.4. Diseño de Propuesta para Adopción de IA

Se sintetiza la información extraída del análisis comparativo, se identifican las relaciones que existen entre la IA y la mejora continua, se sistematizan barreras de implementación y se plantean posibles soluciones. Tomando en cuenta lo anterior, se diseña una propuesta de adopción de inteligencia artificial basada en los modelos de mejora continua revisados y su aplicación en procesos productivos. Además, el diseño de hoja de ruta debe ser aplicable a empresas chilenas y modelos de mejora continua.

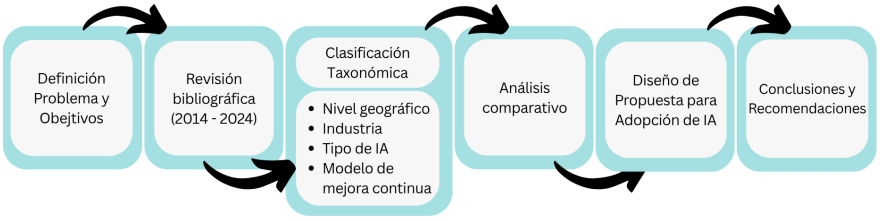
8.4.5. Conclusiones y Recomendaciones

De la etapa anterior, se establecen recomendaciones prácticas para las empresas chilenas que aborden puntos como:

- Cómo comenzar a implementar Inteligencia Artificial
- Cómo integrar IA con herramientas de mejora continua
- Indicadores sugeridos para evaluar el impacto en los sectores productivos.

Con esto, se logra responder a cada uno de los objetivos específicos, se analizan las implicancias de los hallazgos y se proponen líneas de investigación futuras.

Figura 2
Diagrama de metodología de la investigación



Fuente. Elaboración propia

8.5 Instrumentos

Para lograr desarrollar la investigación, se utilizarán 3 herramientas: matriz de indicadores de desempeño (KPI) para medir el impacto en diversas aristas como producción, eficiencia, costos, errores, etc; mapeo de procesos industriales para identificar los puntos críticos de mejora, cuadros comparativos de barreras y estrategias para visualizar patrones, barreras y beneficios.

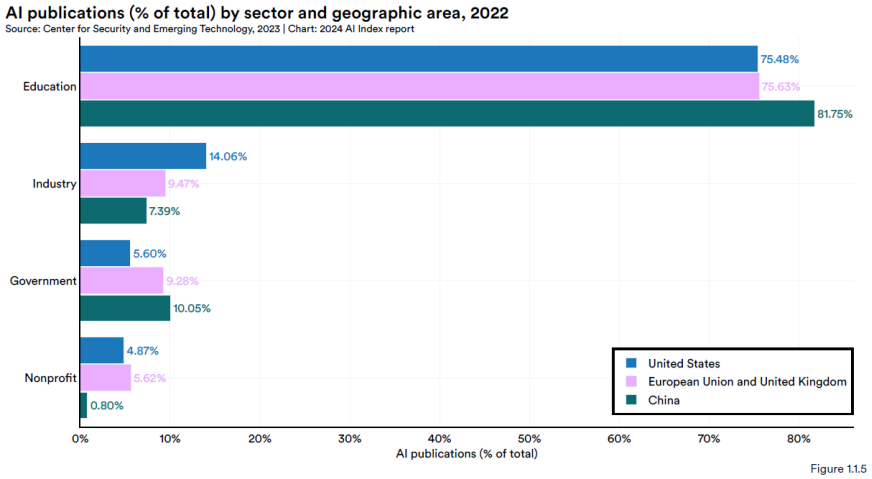
9 Resultados y Discusión

9.1 Resultados a nivel mundial

Respecto al escenario mundial y por medio de una exhaustiva recopilación de información, se identificó la tendencia actual en relación con la inteligencia artificial y las industrias que utilizan este tipo de tecnologías.

Según el informe elaborado por Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (2024), que muestra los desarrollos, la adopción y el impacto de la inteligencia artificial a nivel mundial. Este reporte identificó la cantidad de publicaciones sobre inteligencia artificial según el sector a nivel mundial y por las tres regiones más grandes que corresponden a Estados Unidos, Unión Europea y Reino Unido y China; esto se encuentra representado en la Figura 3.

Figura 3
Cantidad de publicaciones sobre inteligencia artificial según el sector a nivel mundial.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

La cantidad de publicaciones sobre IA se lidera considerablemente en el sector educativo, luego en menor medida el sector público, las industrias y los no lucrativos. Las regiones analizadas corresponden a Estados Unidos, Unión Europea y Reino Unido y China.

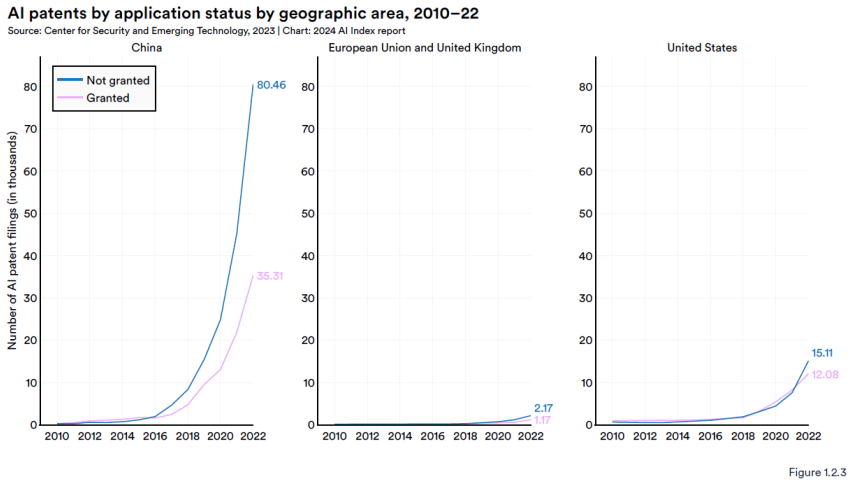
En primer lugar, se tienen las publicaciones en el sector de educación donde las regiones de Estados Unidos y la Unión Europea y Reino Unido, comparten un porcentaje similar respecto a la cantidad de publicaciones sobre inteligencia artificial de 75.48 % y 75.63 % respectivamente, siendo superado por China que mantiene un 81.75 % de las publicaciones en este sector, liderando por una brecha considerable de 6 % aproximadamente del total por cada región. En segundo lugar, se tienen las publicaciones en el sector industrial, donde Estados Unidos lidera la cantidad de publicaciones con un 14.06 %, seguido de Unión Europea y Reino Unido con un 9.47 % y China con un 7.39 %. Se distingue una brecha cercana al 7 % entre Estados Unidos y China, indicando un enfoque de Estados Unidos en el sector industrial respecto a la inteligencia artificial por sobre los otros sectores. En tercer lugar, se tienen las publicaciones en el sector público liderado por China con un 10.05 % seguido de cerca por la Unión Europea y Reino Unido con 9.28 %, donde Estados Unidos ocupa el último lugar con 5.6 %. Esto indica que tanto China como la Unión Europea y Reino Unido mantienen una visión focalizada en el estudio de la inteligencia artificial en el sector público, manteniendo una brecha cercana al 4 % con Estados Unidos. Finalmente, se tienen las publicaciones en los sectores sin fines de lucro, que es liderado por la Unión Europea y Reino Unido con un 5.62 %, luego se encuentra Estados Unidos con un 4.87 %, en último lugar se encuentra China con un débil 0.80 %. Se puede determinar que China no posee actualmente un interés en la investigación sobre inteligencia artificial en el sector sin fines de lucro. Sin embargo, las demás regiones mantienen un interés similar entre los sectores sin fines de lucro y el público.

De la información anterior, se desprende que todas las regiones mantienen un interés predominante en las publicaciones de IA para el sector educativo, sin embargo, tomando posturas diversas en el resto de los sectores. Por un lado, Estados Unidos prefiere indagar en el sector industrial lo que se atribuye a la naturaleza económica de dicha región, además, posee un interés

similar para el sector público y sin fines de lucro. Por otro lado, Unión Europea y Reino Unido presentan una tendencia proporcional entre los sectores industrial y público relativo al 9 % de sus publicaciones sobre IA y en menor medida al sector sin fines de lucro sin dejar de ser significativo el porcentaje de publicaciones en este sector. Finalmente, China prioriza el sector público, seguido del sector industrial, sin embargo, el nivel de interés evidenciado para el sector sin fines de lucro según la cantidad de publicaciones sobre IA es bastante bajo, lo que permite entender que esta región no ha puesto esfuerzos en indagar en él.

En base al análisis anterior, y considerando las mismas regiones de estudio, se presenta el siguiente informe que examinó el crecimiento global de las patentes de inteligencia artificial concedidas entre los años 2010 y 2022. En la Figura 4 se visualiza la tendencia de patentes concedidas, mostrando la brecha según su ubicación geográfica de origen y considerando las tres áreas analizadas anteriormente.

Figura 4
Cantidad de patentes concedidas a nivel mundial sobre inteligencia artificial.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

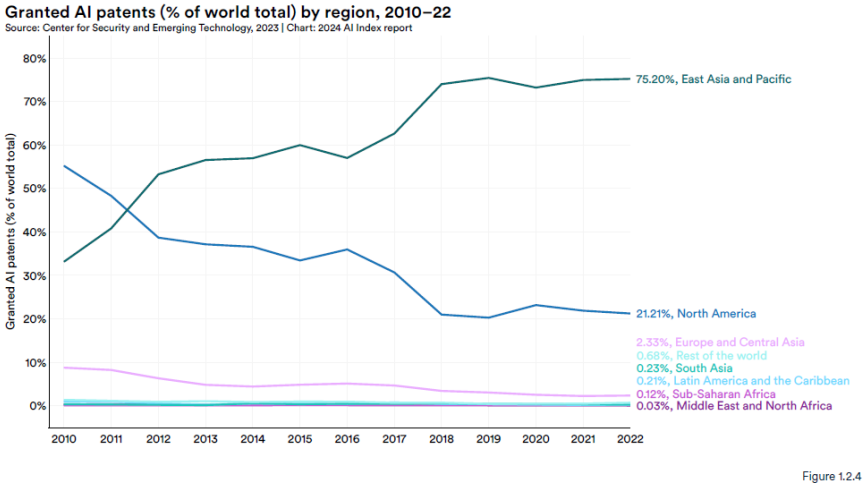
Para el caso de Estados Unidos, se identifica que durante los años 2010 a 2014 mantuvo una cantidad de patentes concedidas con una tendencia constante, a partir de este último año se

visualiza un leve aumento en hasta el año 2018, donde la tendencia de las patentes concedidas y no concedidas adopta una forma exponencial al año 2022, donde se concedieron 12.080 patentes y se rechazaron 15.110 aproximadamente. Por otro lado, para el Unión Europea y Reino Unido, se observa que desde el año 2010 hasta el año 2018 no hay registros de patentes de inteligencias artificial concedidas o rechazadas en la región. Desde el año 2018 en adelante se evidencia un leve aumento en la entrega de patentes llegando en 2022 a 1.170 concedidas y 2.170 denegadas aproximadamente. Por último, para el caso de China, se identifica que entre los años 2012 a 2014 existe se comienzan a registrar patentes de inteligencia artificial en el sector, pero a partir del año 2016 existe un brusco aumento en la cantidad de patentes registradas con un claro comportamiento exponencial, China lidera la cantidad de patentes concedidas durante el año 2022, donde se registraron 35.310 patentes y se rechazaron 80.460 aproximadamente.

Tomando en consideración esta información, se determina que el principal interesado en el desarrollo de inteligencia artificial de las tres regiones principales es China, que lidera por una amplia mayoría la cantidad de patentes aprobadas. Además, se observa que la intención de Estados Unidos es desarrollar este tipo de inteligencia, pero no logró alcanzar el nivel de China dentro de los últimos años, llegando solo a un tercio de la cantidad registrada. Por último, la Unión Europea y Reino Unido, presenta una brecha significativa respecto las otras dos regiones, indicando que su foco no se encuentra en patentar inteligencia artificial en su región durante los últimos años.

Ahora, dentro del mismo horizonte temporal anterior, se puede visualizar el desglose por continentes de las patentes de inteligencia artificial concedidas presentadas en la Figura 5.

Figura 5
Desglose por continentes de las patentes de inteligencia artificial concedidas.



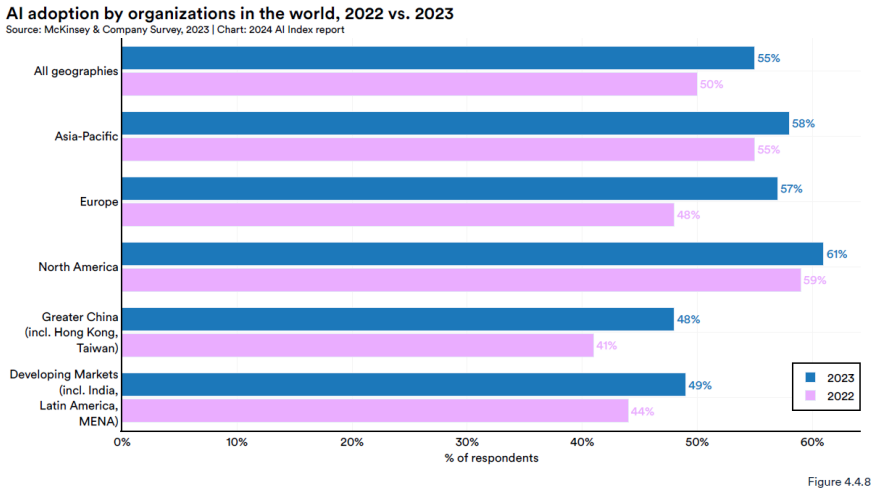
Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

De la cantidad total de patentes de IA concedidas a nivel mundial, el Sudeste Asiático y el Pacífico poseen el 75.20 % lo cual se ratifica con el gráfico anterior, donde China presentaba un dominio claro de la cantidad de patentes concedidas. La tendencia de este continente es notablemente creciente desde el año 2010 al 2022, con algunas disminuciones menores en 2016 y 2020, pero que consolidan la posición mundial frente al resto de los continentes. En segundo lugar, encontramos a Norte América, con un 21.21 % de las patentes a nivel mundial, presentando un comportamiento a la baja durante este periodo de tiempo, es relevante notar que América del Norte lideraba el número de patentes de IA entre los años 2010 y 2011, situación que cambió drásticamente durante la última década, lo cual esclarece una brecha de un 54 % aproximadamente entre ambos continentes, resaltando al sudeste asiático como líder a nivel mundial en la cantidad de patentes de IA concedidas. En tercer lugar, se observa a Europa y Asia Central con un 2.33 % de las patentes mundiales, presentando una tendencia a la baja en la adquisición de las mismas. Finalmente, encontramos el resto de los continentes con un comportamiento lineal menor al 1 % lo que permite identificar a los

principales interesados en términos de IA a nivel mundial.

Ahora, que se conoce la tendencia mundial respecto de las patentes de IA a nivel mundial, se puede realizar una comparativa con la visión global de la adopción de IA por parte de las organizaciones que se presenta en la Figura 6, esta entrega la comparación entre los años 2022 y 2023.

Figura 6
Adopción de IA por las organizaciones a nivel mundial entre los años 2022 y 2023.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

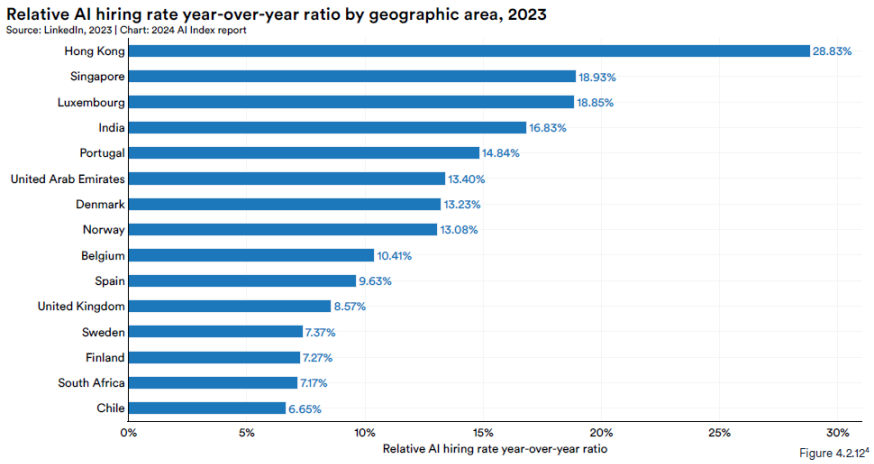
A Nivel global se registra un 50 % para el año 2022 y un 55 % para el año 2023, lo que significa un aumento del 5 %. Respecto a las tendencias según continente, Asia y el Pacífico presenta un aumento del 3 % entre 2022 y 2023, presentando una adopción de 55 % y 58 % respectivamente, estos indicadores se encuentran por sobre la adopción mundial para ambos años, lo que entrega un crecimiento el 3 % para este continente. En cuanto a Europa, durante el año 2022 se registró una adopción del 48 % que se encuentra un 2 % por debajo del contexto mundial, pero para el año 2023 presenta una adopción del 57 %, sobrepasando en un 2 % el escenario mundial, esto deja en evidencia un crecimiento de adopción del 4 % entre 2022 y 2023. Respecto a Norte América durante el año 2022, existe una adopción del 59 %, es decir, se encuentra un 9 % por sobre el escenario

mundial para ese año, al año siguiente asciende a un 61 % sobrepasando la tendencia mundial en un 6 %. Si bien el crecimiento presentado es de un 2 %, supera la adopción global para ambos años, posicionándose como el continente líder en la adopción de inteligencia artificial. En cuanto a China continental durante el año 2022 presenta un 41 % lo cual se encuentra bajo la tendencia mundial en un 9 %, a pesar que durante el año 2023 registra un considerable aumento del 7 % logrando un 48 % de adopción, sigue encontrándose bajo el escenario mundial alrededor de un 7 %, aunque si este comportamiento al alza se mantiene podría igual a la tendencia mundial e incluso superarla; estos resultados son contradictorios respecto a los análisis realizados previamente, ya que China es la región líder en cuanto a la cantidad de patentes concedidas a nivel global para inteligencia artificial, pero se encuentra entre las regiones más bajas de adopción de esta tecnología. Finalmente, para las economías emergentes durante el año 2022, se registra una adopción del 44 % lo que se encuentra un 6 % por debajo de la tendencia global, para el año 2023, se registró un aumento del 5 % logrando una adopción del 49 % manteniendo la brecha inicial al escenario mundial.
De esto, se puede determinar que el mayor crecimiento registrado se atribuye a Europa con un 9 % seguido de China continental con un 7 %, a pesar de esto, ambos continentes se encuentran por debajo de la adopción que tiene Norte América, sin embargo, si estos continentes logran mantener el crecimiento podrían equiparar o superar los indicadores de Norte América en el corto plazo, esto considerando que el crecimiento de este último solo fue de un 2 %, por ende, es la región con menos incremento durante 2023.

Ahora, abordando la contratación de IA a nivel mundial, la figura 7 ilustra los países que han presentado variaciones más significativas en la contratación de IA en comparación a la tasa general, mostrando un indicador de la dinámica del mercado respecto a estos requisitos.

Figura 7

Países con mayor variación en la contratación de inteligencia artificial.

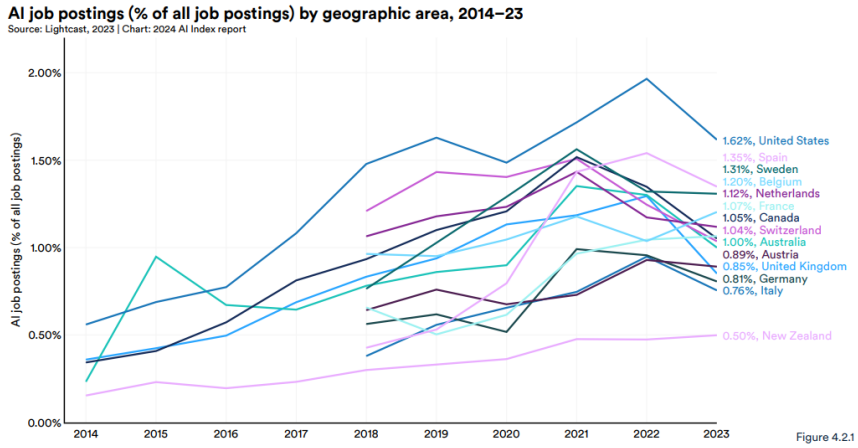


Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

En el año 2023 los países con las tasas relativas más altas fueron Hong Kong con un 28.8 %, luego Singapur y Luxemburgo con un 18.9 %, en tercer lugar se encuentra India con un 16.8 %. Es destacable, que estos países corresponden a las regiones de Asia y Europa principalmente. Donde Asia lidera los dos porcentajes más elevados (Hong Kong con 28.83 % y Singapur con 18.93 %), además de incluir a India que se encuentra en cuarto lugar con un 16.83 % y Emiratos Árabes Unidos en sexto lugar con 13.40 %. En cuanto a Europa, contiene 9 de los 15 países del ranking con mayor variación, lo que posiciona a ambas regiones como las predominantes en términos de contratación de inteligencia artificial. Ahora, es relevante mencionar la presencia del sudeste africano con un 7.17 % y Chile con un 6.65 % ya que, si bien sus regiones no destacan por el interés en temas de inteligencia artificial, pertenecen a los 15 países con mayor variación en la tasa de contratación, lo que induce cierto interés particular de estos países en la utilización de esta tecnología. En relación con la demanda de habilidades relacionadas con la inteligencia artificial en los mercados laborales, este informe presenta por medio de la Figura 8 las exigencias actuales.

Figura 8

Demanda de habilidades relacionadas con la inteligencia artificial en los mercados laborales.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

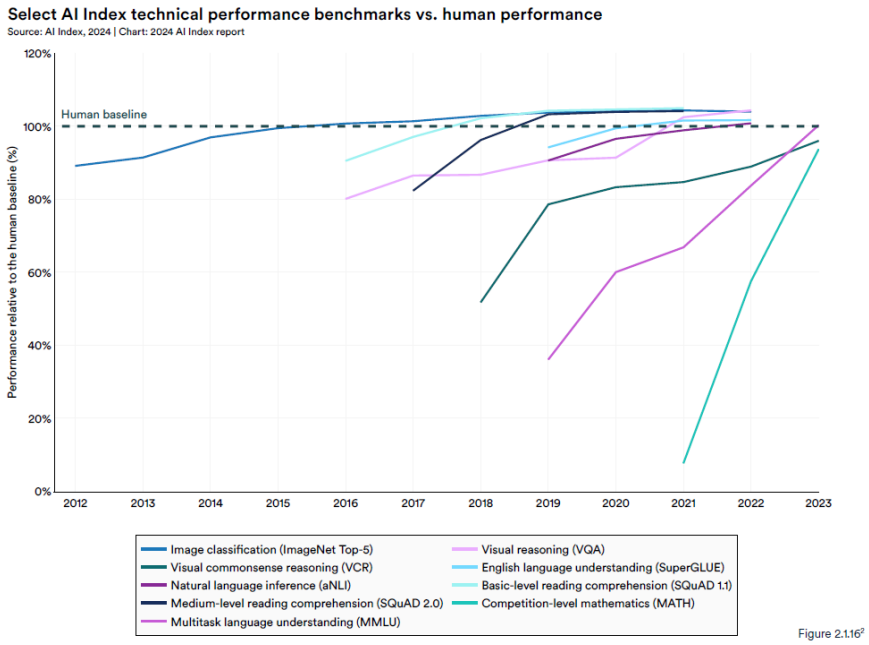
Notando que para el año 2023, los países que lideran esta métrica son Estados Unidos, España y Suecia. Aunque la mayoría de los países registró una disminución entre 2022 y 2023 respecto de la proporción de ofertas de empleos que requieren de estas habilidades, el número de ofertas de empleo relacionadas con la inteligencia artificial ha aumentado en los últimos cinco años. A nivel más específico, el comportamiento de la demanda respecto a las habilidades relacionadas con inteligencias artificial durante los años 2014 a 2018 solo presenta registros para Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, Australia y Reino Unido, estos países presentan una tendencia al alza durante este periodo de tiempo, a excepción de Australia, que en 2015 comienza su descenso para retomar en 2018 con una leve alza. A partir de este año, surge un aumento mundial por la demanda de habilidades relacionadas a la inteligencia artificial, mostrando un comportamiento variable para los países pero que apunta al crecimiento hasta el año 2021 y 2022 en algunos casos, es relevante destacar que durante el año 2023, la mayoría de los países presenta una disminución en los puestos de trabajos que requieren este tipo de habilidades, este último año refleja que los principales países con este tipo de ofertas laborales son Estados Unidos con un 1.62 %, España con

1.35 %, Suiza con 1.31 % y Bélgica con 1.20 %. El resto de países que componen la lista rondan el 1 % de sus ofertas laborales y pertenecen a la región de Europa, es decir, lidera la cantidad de demanda por habilidades relacionadas a la inteligencia artificial a pesar de no poseer el primer lugar, que es ocupado por Estados Unidos.

Dentro del contexto de las ofertas laborales que requieren habilidades relacionadas a la inteligencia artificial, surge la inquietud respecto al rendimiento esperado por la inteligencia artificial, este estudio logró comparar las capacidades humanas para la realización de distintas tareas con el rendimiento de la inteligencia artificial en las mismas tareas. Este resultado se muestra en la Figura 9, donde el progreso de los sistemas de inteligencia artificial se mide con nueve parámetros de referencia, tomando una base línea de realización por humanos.

Figura 9

Rendimiento esperado por la inteligencia artificial versus las capacidades humanas.



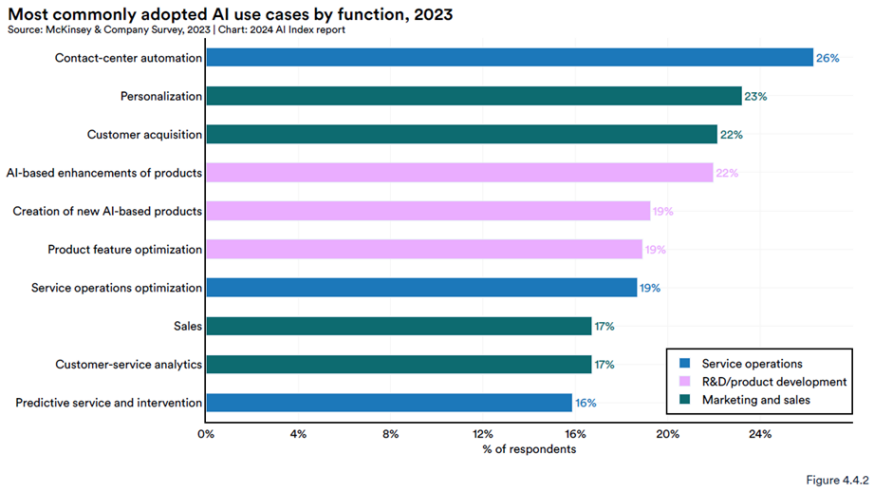
Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

Se evidencia que la inteligencia artificial ha logrado superar los parámetros humanos en al menos siete categorías, como la comprensión lectora, clasificación de imágenes, razonamiento

visual e inferencia del lenguaje. Pese a esto, aún existen categorías donde la inteligencia artificial no ha logrado superar a la capacidad humana, las cuales corresponden a tareas cognitivas más complejas, que incluyen el razonamiento visual de sentido común y resolución de problemas matemáticos avanzados. Estos resultados, permiten avalar el aumento de las ofertas de trabajo que requieren habilidades relacionadas con inteligencia artificial, ya que este tipo de tecnología no solo supera la capacidad humana en ejecución, lo que incrementa la eficiencia en las diversas tareas que se puedan asignar a la IA, sino que permite modernizar los cargos para las personas dentro del entorno laboral, adaptando el ambiente para una cohesión provechosa entre la tecnología y el desarrollo profesional del sector que pretenda implementar inteligencia artificial.

Ahora, si observamos la Figura 10 Tomando en cuenta la proporción de empresas que utilizan IA para habilidades específicas, encontramos 3 grupos principales compuestos por: Operaciones de servicios, desarrollo de productos y Marketing y ventas.

Figura 10
Proporción de empresas que utilizan IA para habilidades específicas.



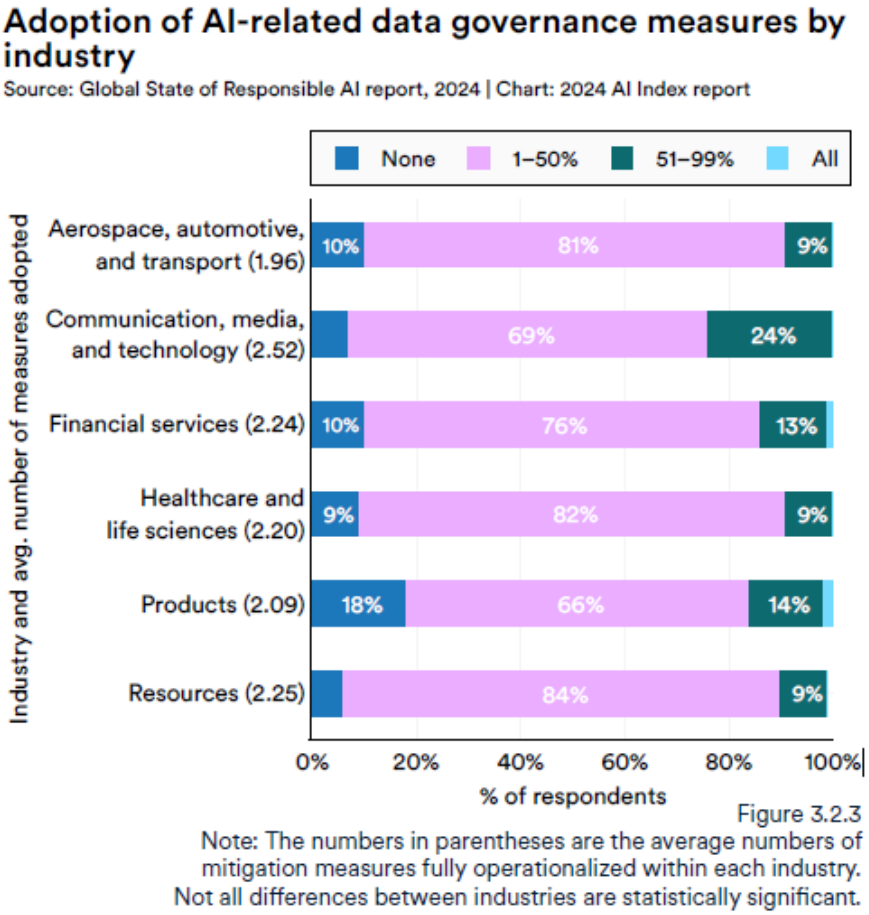
Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

En promedio cada una de estas áreas adopta la inteligencia artificial en un 20.3 %, 20 %

y 19,75 % respectivamente, es decir, para los tres grupos el porcentaje es cercano al 20 % pero abarcando diversas funcionalidades de acuerdo a lo requerido por el tipo de operación. El más destacado corresponde a la automatización para el centro de contacto (contact center) con un 26 % en operaciones de servicios, luego la personalización para marketing y ventas con un 23 %, seguido de la adquisición de clientes y las mejoras de productos basadas en IA con un 22 % correspondiente a marketing y ventas también. Entonces, si se analizan las funcionalidades, estas se asocian a optimizaciones de tareas repetitivas, análisis de clientes y servicios predictivos e intervención.

Esto abre una interrognte respecto a la responsabilidad de la inteligencia artificial, según la Encuesta sobre el Estado Global de la IA Responsable que se realizó en colaboración con la Universidad de Standford y Accenture, el 51 % de las organizaciones informaron que los riesgos relacionados con la privacidad y gobernanza de los datos son importantes para la estrategia de IA. A nivel geográfico, las organizaciones de Europa y Asia dan una mayor importancia a este punto que las organizaciones que se encuentran en Norteamérica. En esta misma línea, se realizó una consulta sobre la adopción de medidas de mitigación ante los riesgos mencionados en relación con la gobernanza de datos mostrada en la Figura 11, a nivel general, un porcentaje menor al 0.6 % de las empresas mencionó haber implementado las medidas de mitigación de la gobernanza de datos. A nivel mundial, las empresas encuestadas solo han adoptado un 2.2 de 6 medidas de gobernanza de datos.

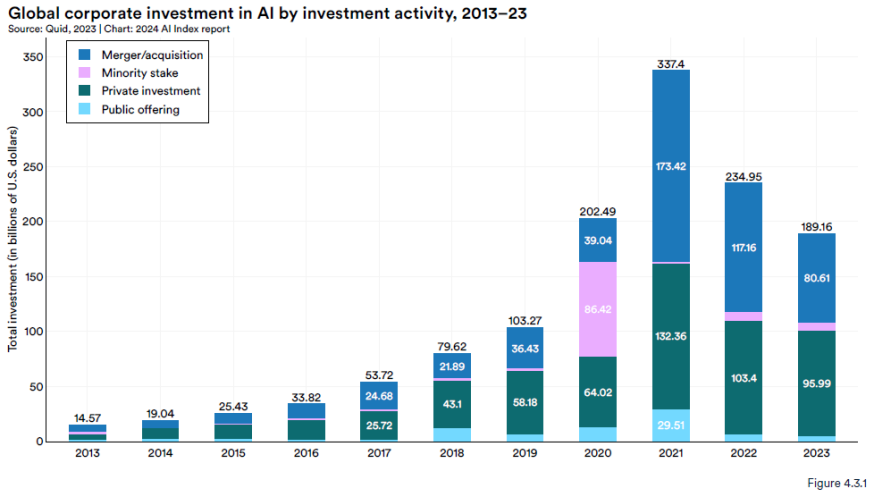
Figura 11
Adopción de medidas de mitigación.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

Como se tiene una visión respecto a lo que se requiere en cuanto a las habilidades necesarias entorno a la inteligencia artificial, las ofertas laborales, que han presentado un aumento durante los últimos años y el nivel esperado de rendimiento de la IA dentro del mercado laboral, se puede comenzar a indagar, cuales son las industrias que realmente están invirtiendo en este tipo de tecnología. En este contexto, se puede realizar una comparativa de la inversión corporativa a nivel mundial sobre IA respecto al tipo de actividad inversora presentada en la Figura 12.

Figura 12
Tendencia de la inversión corporativa a nivel mundial para la IA.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

Inicialmente, se observa un notable crecimiento de inversión anual desde 2013 hasta 2021 que logró su valor más alto; sin embargo, durante los años 2022 y 2023 se produce una disminución importante en los niveles de inversión. Respecto a las adquisiciones durante este periodo, se nota que existe una tendencia al alza desde el año 2013 hasta el año 2019, registrando este último un valor significativo que cuadruplica el valor del año anterior; luego, para los años 2022 y 2023, se experimenta una disminución en las cantidades de adquisición, aunque de todas formas siguen siendo elevadas. Continuando con la participación minoritaria, durante los años 2013 a 2019 el porcentaje de inversión realizado por este segmento es baja, aunque en el año 2020 se produjo un drástico aumento en la inversión dentro de este sector con 85.42 billones de dólares, sin embargo, esto no perduró ya que en 2021 la inversión registrada es mínima, finalmente los años 2022 y 2023 se registra un leve aumento en la tendencia de inversión. En cuanto a la inversión privada, durante el primer periodo de 2013 a 2021 se registra un aumento progresivo de las inversiones realizadas por este sector, si bien este comportamiento disminuyó durante los años 2022 y 2023, la magnitud

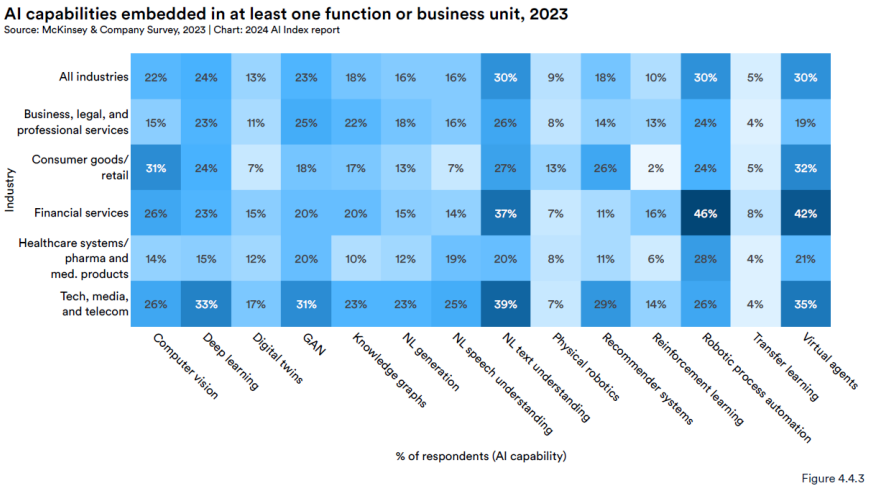
de la inversión sigue siendo considerable. Por último, la inversión por fondos públicos entre los años 2013 y 2017 se mantiene bastante baja, sin embargo, desde 2018 esta tendencia se modificó registrando un aumento en la cantidad de inversiones realizadas por este sector.

Según las tendencias analizadas, se puede determinar que las principales inversiones provienen de Adquisiciones e inversión privada que, aunque registran una disminución durante 2022 y 2023, son predominantes respecto a los fondos públicos y la participación minoritaria; esto refleja el claro interés por el sector privado en lograr la incorporación de Inteligencia Artificial.

En relación con la tendencia de la inversión corporativa a nivel mundial para la IA en los últimos años, por tercer año consecutivo se nota un descenso en la inversión cercana al 20 % respecto al año 2022. Se evidencia una leve reducción de inversión privada, pero la caída más significativa se encuentra en las adquisiciones, con poco más del 30 % respecto al año anterior. Ahora, si tomamos en cuenta las inversiones relacionadas a la IA durante los últimos años, estas se han multiplicado de forma considerable.

Según el último informe de Company (2023), el 55 % de las organizaciones encuestadas implementaron IA en alguna unidad de negocio o función, lo que representa un aumento respecto al año anterior del 5 %. La adopción de IA se ha disparado dentro de los últimos años y para el futuro se prevé que los cambios serán aún mayores, debido al avance técnico de la IA y la versatilidad de esta tecnología. En la Figura 10 se puede apreciar el comportamiento de las industrias y su porcentaje de adopción en funciones específicas para el año 2023. La Figura 13 muestra las capacidades integradas de inteligencia artificial por industrias en al menos una funcipon o unidad de negocio en 2023.

Figura 13
Capacidades de IA integradas en al menos una función o unidad de negocio.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

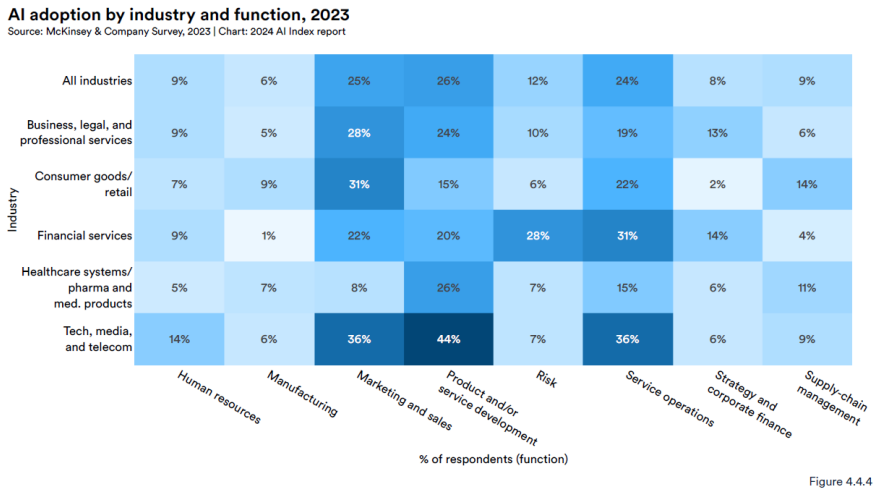
A nivel general, las capacidades de IA que son integradas en al menos una función o unidad de negocios se distribuyen entre varias categorías incluyendo aprendizaje profundo, generación de aprendizaje automático, comprensión del lenguaje automático, robots físicos, recomendaciones de sistema, aprendizaje por refuerzo, procesos de automatización robótica, trasferir aprendizaje, agentes virtuales. Estas integraciones en general, rondan el 20 %, donde se destacan 3 que poseen el 30 % que corresponden a comprensión de texto en lenguaje natural, procesos de automatización robótica y agentes virtuales. Ahora, estas capacidades integradas varían según las industrias.

Para negocios, legal, y servicios profesionales, la característica con mayor porcentaje son comprensión de texto en lenguaje natural con un 26 %, GAN (Redes generativas adversarias, este es un proceso de entrenamiento que permite generar imágenes, texto, audio y otros tipos de datos) con un 25 % y los procesos de automatización robóticos con un 24 %. Para los bienes de consumo o el retail, las capacidades más integradas corresponden a agentes virtuales con 32 %, visión computacional con 31 % y comprensión de texto en lenguaje natural con un 27 %. Para servicios fi-

nancieros, existe una amplia preferencia por los procesos de automatización robótica con un 46 %, seguido de agentes virtuales (42 %) y comprensión de texto en lenguaje natural con 37 %, estas capacidades superan ampliamente el promedio general de las industrias. En cuanto a los sistemas de salud, productos farmacéuticos y médicos integran las capacidades de procesos de automatización robótica con un 28 %, agentes virtuales con un 21 %, comprensión de texto en lenguaje natural y Redes Generativas Adversarias (GAN) con un 20 % ambas. Finalmente, Tecnología, medios y telecomunicaciones integra las capacidades de comprensión de texto en lenguaje natural con un 39 %, agentes virtuales con un 35 %, aprendizaje profundo con un 33 % y GAN con un 31 %.

En definitiva, las capacidades que se integran en mayor medida a los diversos sectores de la industria son los procesos de automatización robótica, comprensión de texto en lenguaje natural, agentes virtuales. Sin embargo, el resto de capacidades se adaptan según la naturaleza del rubro, por ende, no dejan de ser relevantes en cuanto a la integración de capacidades y optimización de los procesos que cada industria requiere.

Figura 14
Adopción de IA por la industria según sus funciones.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

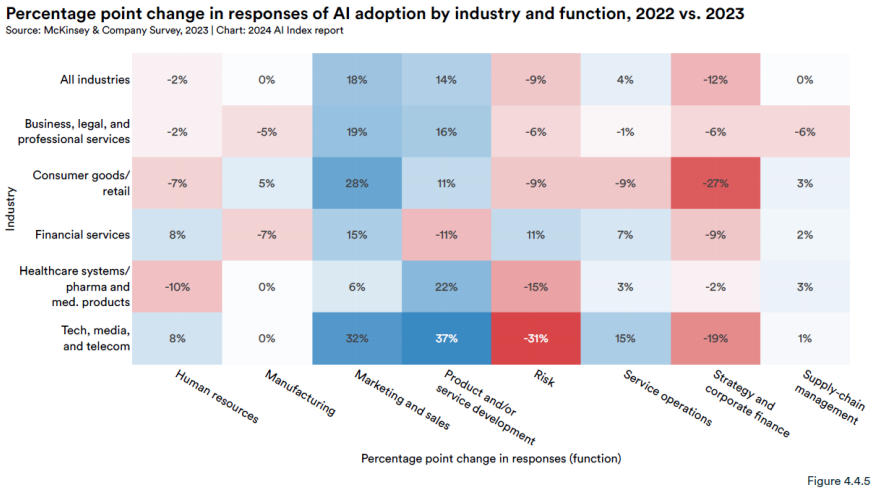
La Figura 14 muestra el nivel de adopción de inteligencia artificial por industrias según sus funciones en 2023. A nivel general, se registra una mayor adherencia en las áreas de desarrollo de productos y/o servicios, marketing y ventas, y operaciones de servicios, con 26 %, 25 % y 24 % respectivamente. Ahora, al analizar la adherencia por industria se evidencia que, para negocios, legal, y servicios profesionales, bienes de consumo y retails, la adherencia mayor se encuentra en marketing y ventas, 28 % y 31 % respectivamente, seguido de desarrollo de productos y servicios con (24 % y 15 %) y finalmente operaciones de servicios con 19 % y 22 % respectivamente. Es decir, ambas industrias valoran la adopción de IA en aspectos similares con matices en algunas áreas como estrategia y finanzas corporativas para el caso de los negocios (13 %) y gestión de la cadena de suministros en caso de bienes de consumo y retail (14 %). En cuanto a los servicios financieros destaca adherencia en las 3 áreas anteriores, pero valora en gran medida los riegos con un 28 % quedando segundo en cuanto a la adherencia para esta industria. Respecto a los sistemas de salud, productos farmacéuticos y médicos cambia el panorama un poco, y que la incorporación de inteligencia artificial se centra en el desarrollo de productos y servicios con un 26 % y operaciones de servicios con 15 % y la gestión de cadena de suministros con un 11 %, si bien este último puede atender a la naturaleza de la industria médica, los niveles de adopción en esta industria a nivel mundial son bajas no superando el 10 % en 5 de 8 áreas contempladas. Finalmente, en tecnología, media y telecomunicaciones se comparten las tendencias en adherencia iniciales que comprenden marketing y ventas con un 36 %, desarrollo de productos y servicios con 44 % siendo el más elevado de las industrias a nivel mundial, y operaciones de servicio con un 36 %, adicionando recursos humanos con un 14 % de incorporación.

Entonces, se determina que la incorporación principal de la inteligencia artificial a nivel transversal se realiza en las áreas de marketing y ventas, desarrollo de productos y servicios y

operaciones de servicios, donde se registran los mayores porcentajes de adherencia, sin embargo, se debe tener consideración con la áreas que se encuentran en aumento como lo es riesgos con un 12 % general, gestión de cadena de suministro y recursos humanos, que en un futuro pueden tomar fuerza dentro de las industrias de bienes de consumo, médicas y tecnologías.

Ahora bien, la Figura 15 muestra los cambios en las tasas de adopción de inteligencia artificial por sector y función en 2023.

Figura 15
Cambios en las tasas de adopción de inteligencia artificial por sector y función entre 2022 y 2023.



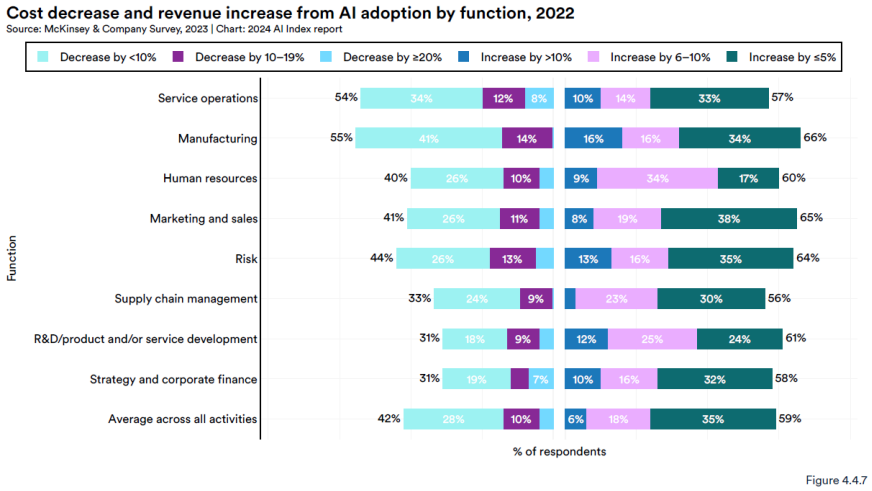
Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

Se contrata el escenario 2022 y 2023 respecto a la adopción de IA por industria y sus funciones, donde resaltan una serie de resultados. En primer lugar, la evidencia disminución de adopción en estrategia y finanzas corporativas dentro de la industria de bienes de consumo y retail que disminuyó en un 27 % y en la industria de tecnología, medios y telecomunicaciones descendió un 19 %. Además, esta área presentó una disminución en todas las industrias registrando una baja en adopción del 12 % a nivel general. En segundo lugar, la industria de riesgos también presentó un descenso en casi todas las industrias siendo la más significativa tecnología, medios y telecomunicaciones con un 31 %, a pesar de esto, registró un aumento del 11 % en la industria de

servicios financieros, entregando una variación de 9 % en descenso a nivel general. Por otro lado, se registran aumentos significativos a nivel transversal para dos áreas, que son marketing y ventas y desarrollo de productos y servicios, donde tecnología, medios y telecomunicaciones lideran la adherencia de IA en estas áreas con 32 % y 37 % respectivamente. En cuanto al promedio de adopción de estas áreas en las industrias, lograron números positivos con un 18 % marketing y ventas y 14 % desarrollo de productos y servicios. En cuanto al panorama completo, se obtiene una gran variación negativa en relación a la adopción de IA durante este periodo de tiempo, entregando la predominancia de las áreas mencionadas, pero se observa que hay industrias que mantienen porcentajes similares respecto al año anterior, lo cual puede ser causa de la disminución en la inversión a nivel mundial, la falta de investigaciones respecto a la utilidad de estas herramientas o la carencia de personal capacitado para la implementación de estos recursos, razones que se observaron anteriormente.

Figura 16

Áreas con mayores ahorros de costos y aumento en ingresos.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

Por otro lado, las organizaciones han experimentado reducciones de costos y aumentos en los ingresos gracias a implementación de IA como muestra la Figura 16.

En cuanto a las operaciones de servicios el 54 % de las empresas reportan una disminución de costos y el 57 % menciona un aumento en los ingresos, por esto es relevante considerar este sector como equilibrado, ya que logra un balance entre ahorro y aumento de ingresos, esto se puede atribuir a la automatización de tareas repetitivas, agentes virtuales y análisis predictivo para la atención al cliente. Respecto a manufactura el 55 % indica una reducción de costos y un 66 % un aumento en los ingresos, en este sector la IA logra impulsar la optimización de los procesos, mantenimiento predictivo y control de calidad automatizado. Se aprecia que existen área con mayor aumento de ingresos, como los riesgos, que un 64 % de las empresas indican crecimiento de ingresos gracias a la utilización de IA, por otro lado, marketing y ventas con un 61 % de aumento en los ingresos percibidos, lo que se puede deber a la personalización de ofertas, segmentación avanzada y optimización de campañas.

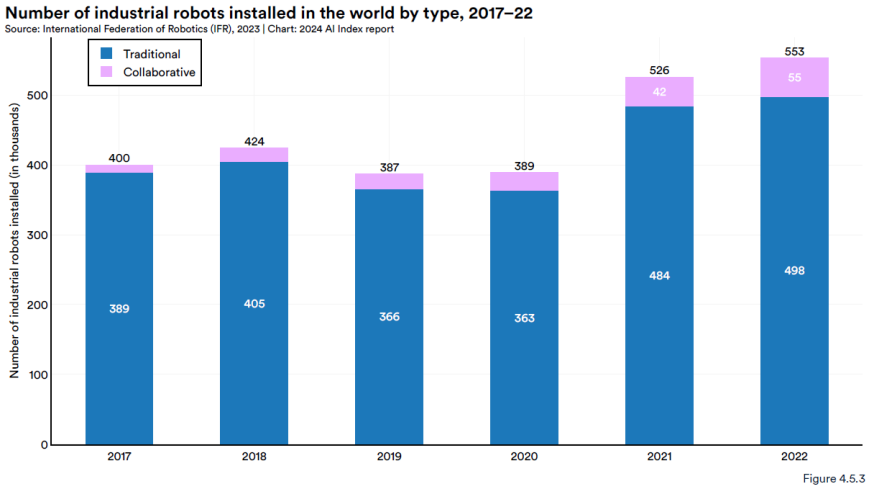
En cuanto a las áreas con mayor ahorro de costos se tiene operaciones de servicios y manufactura que superan el 50 % en relación a la reducción de costos, lo que permite determinar que estos sectores industriales se benefician con este tipo de tecnología debido a las funciones operativas y productivas que involucran sus procesos. Finalmente, Investigación y desarrollo y estrategia corporativa muestran beneficios, pero en menor medida rondando el 30 % en reducción de costos y un 50 % en relación a los ingresos, es posible que el retorno mayor este enfocado al largo plazo.

Continuando con la presencia de la IA en las industrias, la Figura 17 muestra el número total de robots industriales instalados en todo el mundo por año. Cabe destacar, que existe una diferencia entre los robots tradicionales que operan para personas y los robots colaborativos, que están diseñados para trabajar junto a las personas, que han presentado características como flexibilidad, escalabilidad, seguridad y capacidad de aprendizaje iterativo. Entre los años 2017 y 2022 el número total de robots industriales instalados presenta un crecimiento sostenido con un aumento

en 2021 y 2022 donde se superaron las 530 mil unidades, llegando al valor más alto registrado durante el periodo. Se distinguen dos tipos de robots: los tradicionales, que son los más utilizados y representan la mayoría de instalaciones; estos se relacionan a tareas de manufactura principalmente y constituyen un 85 % del total. Por otro lado, están los robots colaborativos que, a pesar de que son minoría, presentan un aumento progresivo, llegando en 2022 a más de 50 mil unidades. Lo que indica una relación de cohesión entre los robots y las personas dentro de los entornos de trabajo. El incremento de robots se vincula de forma directa a la optimización de costos y la necesidad de mejorar los procesos productivos y su calidad. Además, el crecimiento de los robots de colaboración indica una tendencia hacia la automatización colaborativa, en donde la inteligencia artificial actúa en entornos compartidos.

Figura 17

Número total de robots industriales instalados en todo el mundo por año.



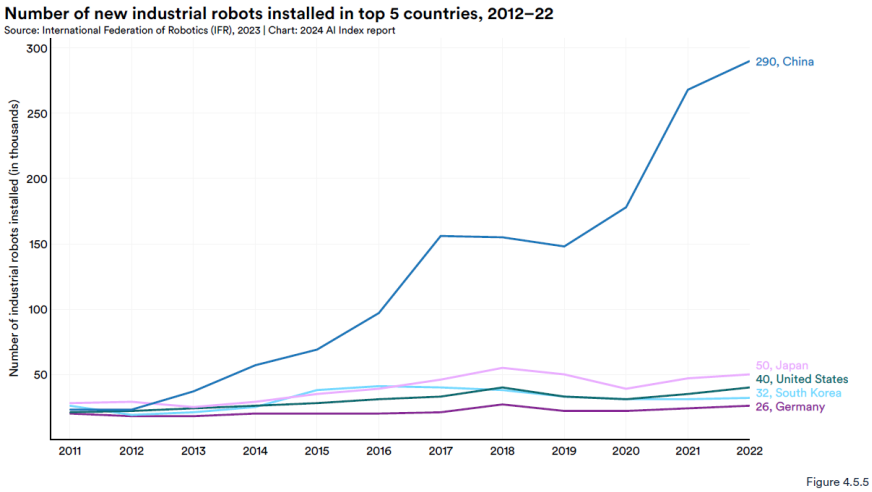
Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

La Figura 18 muestra la tendencia para el número de robots industriales instalados entre 2012 y 2022 para los 5 principales países. La tendencia para el número de robots industriales instalados entrega un evidente liderazgo de China que presenta un crecimiento exponencial a lo largo de los años y en 2022 logra instalar alrededor de 290.000 unidades, esto se debe a sus políticas de

industrialización, y la fuerte inversión en manufactura de alta tecnología. Respecto a los demás, países, Japón, Estados Unidos, Corea del Sur y Alemania, mantienen niveles estables durante los periodos sin alzas significativas, manteniendo una brecha nota con China que tiene una capacidad de instalación superior a los cuatro países. Esta brecha en instalación refleja su capacidad productiva y su estrategia industrial, China busca posicionarse como un líder manufacturero a nivel mundial, estrategia que difiere de los demás países que buscan modernizar sus operaciones y ser más competitivos.

Figura 18

La tendencia para el número de robots industriales instalados entre 2012 y 2022 para Top 5 países.

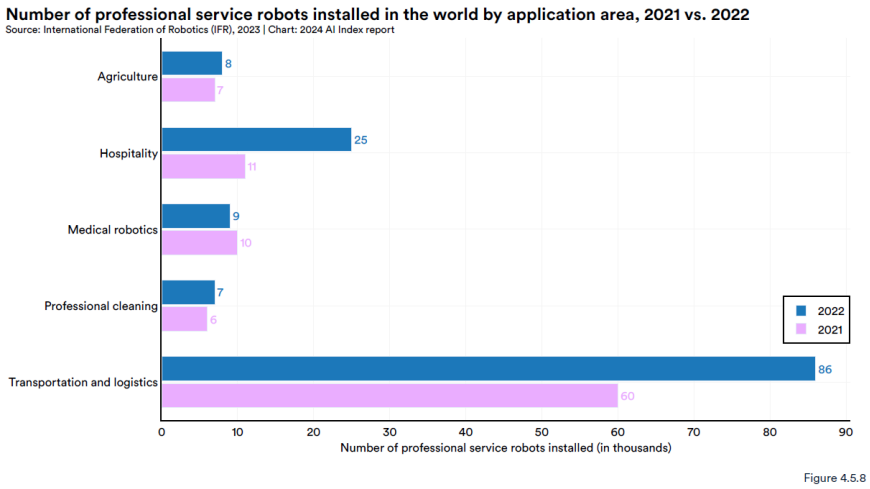


Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

En la Figura 19 se puede apreciar la cantidad de instalaciones en servicios profesionales para los años 2021 y 2022. El sector que presenta un mayor número de instalaciones de robots de servicio profesional es transporte y logística, que creció en 26,000 unidades esto refleja la intensión por mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y responder a la demanda de comercios digitales. Hotelería también registró un crecimiento, aunque de menor magnitud, cercano a 14,000 unidades lo que implica una mejora en la experiencia del cliente, junto a la optimización de ta-

reas repetitivas. Finalmente, las áreas de agricultura, servicios médicos y servicios profesionales presentan variaciones menores cercanas a las mil unidades, esto se puede asociar a los costos de implementación, regulaciones o barreras tecnológicas propias del sector.

Figura 19
Cantidad de instalaciones en servicios profesionales en el mundo por sector.



Fuente. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, 2024

En definitiva, este informe muestra un crecimiento significativo en cuanto a las tendencias mundiales respecto a la inteligencia artificial, además de la inversión que se realiza en los diversos países respecto a este tema, mostrando una consolidación e interés sobre esta tecnología.

Lo cierto, es que el escenario mundial respecto a inteligencia artificial está en un creciente dinamismo, investigación y desarrollo, por lo que las tendencias mundiales actuales pueden variar en el corto plazo, por el momento, las industrias más beneficiadas a nivel mundial según lo investigado corresponden a industrias privadas, con una amplia inversión en este tipo de tecnología, centradas principalmente en negocios, servicios profesionales, bienes de consumo, retail, tecnología, medios y telecomunicaciones, a través de habilidades de comprensión de texto en lenguaje natural, agentes virtuales, y procesos de automatización robóticas. Además, las regiones poseen

distintas visiones respecto de esta tecnología. Por un lado Asia presenta un notable interés en la adquisición de patentes de inteligencia artificial, siendo el principal agente desde el años 2013, sin embargo, no logra superar los incrementos en contratación de IA respecto a Europa y sus porcentajes de adopción a nivel de organizaciones no logra superar a Norte América. Esto indica que China pretende ser el referente mundial en el conocimiento de IA pero no ha logrado posicionar este tipo de tecnología dentro de sus mercados, quedando incluso bajo el porcentaje mundial de adopción en las organizaciones. Por otro lado, Europa no pretende adquirir patentes de IA, sus niveles de adopción en organizaciones son bajos para el promedio mundial, sin embargo, es la región que ofrece la mayor cantidad de contrataciones por área geográfica y mantiene el mayor grado de demanda de habilidades relacionadas con inteligencia artificial en los mercados laborales. Finalmente, Norte América, si bien posee una presencia sostenida en el tiempo respecto a la investigación, la adquisición de patentes sobre esta tecnología comenzó a tomar fuerza desde el año 2020, y aunque posee el segundo puesto, presenta una brecha importante con el Sudestes Asiático y el pacífico de más del 50 %, a pesar de esto, lidera sólidamente la adopción de IA en sus organizaciones sobrepasando el promedio mundial en 6 puntos porcentuales, sin embargo, no tiene la presencia suficiente en cuanto a la contratación relativa a IA en su región, lo cual contradice la cantidad de ofertas laborales que requieren IA donde se posiciona como líder con un 1.62 %, es decir, no ha logrado que su sociedad instaure en sus operaciones este tipo de tecnología. A modo de síntesis, se puede determinar que el desarrollo de inteligencia artificial se concentra en el continente Asiático, la mayor cantidad de ofertas laborales que requieren estas capacidades de posiciona en Europa y la adopción dentro de las organizaciones se concentra en Norte América, lo que puede implicar una contratación de este tipo de tecnología entre regiones, es decir, Norte América, posee un mayor número de adopción porque contrata servicios desde Asia y el Pacífico y Europa, lo cual le entrega una buena posición

para adquirir la tecnología y lograr utilizarla de forma tal de modernizar sus operaciones de forma eficiente y rápida en relación al resto de las regiones.

9.2 Resultados a nivel nacional

En cuanto al escenario nacional, se identifican las principales industrias que actualmente utilizan inteligencia artificial en Chile dentro de sus procesos productivos, destacando la minería, alimentos y energías renovables. Además, se identifican algunas empresas que están implementando este tipo de tecnología y sus resultados. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para este escenario. De la información revisada y estudiada, se observa un crecimiento sostenido en cuanto a la incorporación de inteligencia artificial en diferentes sectores industriales en Chile. Se determina que la minería es el sector que posee la mayor adopción tecnológica. Sin embargo, otras áreas como la energía, alimentos, petróleo y servicios han comenzado a integrar de forma paulatina soluciones basadas en inteligencia artificial para mejorar su eficiencia, sostenibilidad y productividad. Se abordará en mayor profundidad el sector de la minería y los alimentos.

Figura 20
Muestra los casos nacionales, el tipo de IA utilizado y su resultado clave.

Empresa	Tipo de IA	Resultado Clave
Minera Antucoya	Analítica avanzada e IA en procesos operativos	Mejor recuperación de cobre, eficiencia y seguridad
NotCo	Generativa para diseño de productos alimentarios	Innovación acelerada en cuanto a formulaciones alimenticias

Fuente. Elaboración propia.

La Figura 20 indica que estas empresas utilizan dos tipos de inteligencia artificial, que ha producido resultados claves y estratégicos para el desempeño de cada empresa, a continuación, se profundizará cada caso.

9.3 Sector Minero

9.3.1. Antofagasta Minerals

Este sector minero en Chile, lidera el uso de IA predictiva y analítica avanzada que está orientada a la optimización de procesos operacionales, mantenimiento y seguridad.

El caso de Antofagasta Minerals, se basa en que actualmente está usando IA para la dosificación de ácido en la Minera Antucoya que: "ha permitido recuperar más de 44 toneladas de cobre extra por módulo, alineándose con la hoja de ruta de Innovación de Antofagasta Minerals, que considera incorporar tecnologías avanzadas para lograr una minería más eficiente y sostenible"Minerals (2024). En base a los resultados percibidos el equipo de Minera Antucoya informa: "Hemos generado un entorno de decisiones inteligentes, ágiles y trazables. Estamos recuperando 44 toneladas extra de cobre por módulo, además de lograr reducir la variabilidad. Nuestro siguiente paso es avanzar hacia la gestión del cambio, para que esta sea nuestra forma permanente de recomendar ácido y sigamos realizando una minería inteligente y sustentable"Minerals (2024) Esta minera, es una de las mayores productoras de cobre en el mundo, se encuentra consolidada por su fuerte enfoque de innovación, sustentabilidad y seguridad. En la actualidad, implementa tecnologías como automatización, digitalización avanzada y electrificación de flotas, lo que le permite mejorar su competitividad y sostenibilidad. En relación a la plataforma SIRO Ácido, esta utiliza analítica avanzada e inteligencia artificial para ajustar en tiempo real la dosificación de ácido en el aglomerador, mejorando la recuperación de cobre, lo que permite una reducción de costos y aumenta la eficiencia. Además, en pruebas industriales logró recuperar más de 44 toneladas adicionales por módulo. Esta empresa, se encuentra explorando aplicaciones de IA para mejorar la prevención de accidentes, mediante modelos predictivos basados en machine learning. La platafor-

ma GPT Aminerals, que está basada en Ia generativa, actualmente está siendo implementada como asistente interno, logrando mejorar la eficiencia operacional en tareas de mantenimiento, monitoreo y generación de conocimiento técnico. En conjunto, el uso de la inteligencia artificial ayuda a agilizar la toma de decisiones, entregando precisión y seguridad, lo que está alineado con los estándares de excelencia operacional a los que apunta la empresa. A continuación, se presentan los resultados de la implementación de IA dentro de esta empresa.

Figura 21
Muestra los KPI informados por Antofagasta Minerals respecto de la utilización de IA en sus operaciones.

Empresa	KPI	Resultado Obtenido
Minera Antucoya	Recuperación de cobre (t/q módulo)	+44 toneladas de cobre recuperado por módulo
	Tiempo de respuesta (min)	Respuesta en 7 min
	Variabilidad en dosificación	Disminución significativa de variabilidad en proceso

Fuente. Elaboración propia.

Además, según lo presentado en Antofagasta PLC (2024), se aumentó la producción de cobre en un 1 %, existe una mejora en recuperación metalúrgica donde se aumentó la recuperación de cobre entre 6 % y 8 % gracias a la utilización de IA. Ahora, las limitaciones que presenta esta compañía son las siguientes. En primer lugar, los altos costos de implementación tecnológica, ya que las soluciones que implican IA y analítica avanzada requieren inversiones considerables en infraestructura, sensores, conectividad y capacitación, esto limita la velocidad de adopción en todas las operaciones. En segundo lugar, se encuentra la complejidad operativa y la variabilidad del mineral, debido a la naturaleza geológica de los yacimientos se puede ver dificultada la precisión de los modelos de IA, obligando a calibraciones frecuentes. En tercer lugar, ciberseguridad y dependencia de datos, como la inteligencia artificial en este contexto se utiliza para el control de procesos críticos, existe el riesgo de ciberataques o fallos que afecten la integridad de los datos,

pudiendo repercutir en la producción o seguridad operacional. En cuarto lugar, se consideran los factores externos del mercado, principalmente la demanda de cobre y el precio internacional están sujetos a constantes fluctuaciones macroeconómicas, lo que puede limitar la inversión. Finalmente, la gestión del cambio organizacional, ya que la implementación de IA implica la modificación de procesos y capacitaciones al personal, abriendo la posibilidad de resistencia al cambio, por lo tanto, puede requerir estrategias de adopción cultural robustas.

En relación a la mejora continua de sus procesos, el Modelo Shingo le puede aportar valor a la empresa mediante 3 de sus principios. Primero, calidad en la fuente para asegurar que la materia prima, en este caso el material, entre al proceso con controles que reduzcan la variabilidad, para ello pueden utilizar IA que ayude a predecir calidad en el feed. Segundo, pensar sistemáticamente, mediante la integración de todas las etapas como sistema único y tercero, el respeto por cada individuo, mediante la formación de equipos mixtos operarios-cientificos para la interpretación de las recomendaciones brindadas por la IA.

Como herramientas se puede utilizar Mantenimiento predictivo integrados con IA, además, se debe tener calidad en sensores, sincronización y etiquetas temporales para alimentar correctamente los modelos utilizados, así como sistemas operativos integrados que entreguen recomendaciones accionables y auditables. Los resultados esperados para lo anterior, sugieren mejoras en recuperación (%), menor consumo de reactivos, reducción en la variabilidad del proceso, mejoras de seguridad y reducción de paradas no planificadas. Finalmente, se debe promover la gestión del cambio por medio de capacitaciones, incentivos y operativos que validen las recomendaciones de la inteligencia artificial. Se proponen los siguientes KPI de éxito, tasa de recuperación de cobre, toneladas recuperadas adicionales por módulo, costo neto por libra, MTTR, MTBF y Variabilidad del concentrado.

9.4 Sector Alimentos

NotCo es una foodtech chilena que desarrolla productos alimenticios de origen vegetal ofreciendo sustitutos para los productos de origen animal, esta empresa utiliza un algoritmo de inteligencia artificial patentado llamado Giuseppe, dicho sistema logra analizar la estructura de los alimentos de origen animal y las replica utilizando ingredientes vegetales, optimizando su textura, sabor y funcionalidad. Giuseppe opera en diversos módulos donde chefs, científicos y desarrollados trabajan de forma iterativa para probar diversas recetas y refinar el algoritmo mediante retroalimentación sensorial. El uso de inteligencia artificial transformó el desarrollo de productos, lo que les permitió reducir el tiempo de creación de años a semanas. La empresa señaló lo siguiente durante la conferencia de Industria 4.0: Desarrollo de alimentos con inteligencia artificial: “Utilizar la inteligencia artificial para diseño y desarrollo de productos, no solo es rentable, además es altamente amable con el medio ambiente” Declaró Catriel Guiliano. Respecto a este sector alimentario, se identificó que utiliza principalmente inteligencia artificial de tipo generativa, donde combina aprendizaje profundo y procesamiento de lenguaje natural con técnicas de modelos discriminativos para identificar y replicar perfiles sensoriales de alimentos de origen animal para emplear ingredientes de tipo vegetal. Esta empresa, propone un ciclo de mejora continua por medio del aprendizaje profundo de la IA, que repercute de forma directa en los ciclo de desarrollo de sus productos. NotCo actualmente tiene una fuerte presencia internacional, con productos como NotMilk presentes en importantes cadenas como Whole Foods y Sprouts en EE.UU. Fue nombrada una de las empresas más innovadores por Fast Company y ha logrado recaudar financiamiento de alto impacto. Los KPI recabados se presentan en la Figura 22, de estos se puede mencionar el nivel de financiamiento obtenido, lo que permitió la rápida expansión de la empresa hacia los mercados internacionales,

posicionando la marca como líder y referente, debido al secreto en eficiencia que tiene como base la inteligencia artificial. Por otro lado, presenta una notable reducción en los tiempos de desarrollo de productos lo que sin duda, le entrega una ventaja competitiva y una diferenciación.

Figura 22
Muestra los KPI informados por NotCo respecto de la utilización de IA en sus operaciones.

Empresa	KPI	Resultado Obtenido
NotCo	Tiempo desarrollo productos	Redujo el tiempo de 18 meses a semanas
	Número de recetas probadas	+100 recetas mensuales
	Inversión total recibida	USD $1.5 mil millones en 2021
	Expansión geográfica	+30 países

Fuente. Elaboración propia.

Ahora bien, la empresa presenta limitaciones propias de su tipo de operación, se identifican las siguientes. En primer lugar, se tiene la dependencia tecnológica al algoritmo Giuseppe, ya que es el centro de su propuesta de valor, por lo tanto, una falla técnica podría afectar drásticamente su operación, además la alta dependencia de IA requiere de inversión constante en infraestructura computacional y licencias de software avanzado. En segundo lugar, la regulación alimentaria vigentes en cada país, ya que la creación de productos innovadores puede enfrentar barreras regulatorias en mercados más estrictos, limitando el ingreso a nuevos países o ralentizando su llegada, por otro lado, la aprobación de ingredientes y etiquetados distintos por cada país obliga realizar ajustes en las fórmulas, lo que puede generar retrabajo o aumentos en los ciclos de entrada al mercado. En tercer lugar, la competencia creciente, debido a que existen otras foodtech globales como Impossible Foods y Beyond Meat también usan IA y biotecnología dentro de sus procesos para lograr una optimización, esto aumenta la tensión competitiva en términos de precios y diferenciación. Por último, la escalabilidad de producción, el nivel de expansión que ha logrado la empresa requiere garantizar un nivel de producción a gran escala que logre mantener los estándares de calidad y sostenibilidad.

En relación a la mejora continua de sus procesos, el Modelo Shingo le puede aportar valor a la empresa por medio de 2 de sus principios: Respeto por cada individuo / liderazgo con humildad, para integrar equipos de R&D, producción y QA en ciclos Kaisen para que el conocimiento no quede obsoleto y calidad en la fuente/ mejora continua/ búsqueda de la perfección, con la finalidad de validar cada forulación con criterios sensoriales y métricas reproducibles antes de escalar a producción.

Las herramientas recomendadas es realizar A3 para experimentos de formulación y lograr una estandarización, además de un control estadístico de procesos en líneas piloto para segurar su reproducibilidad de formualciones y por úlimo un mapeo de flujo de valor (VSM) para la cadena de desarrollo. Es importante, el sistema de gestión del conocimiento, así como la gobernanza de inteligencia artificial, medir la evaluación de sesgo, validación y trazabilidad de modelos y métricas de desempeño. Los resultados esperados son menores tiempos de desarrollo, una mejora en la tasa de éxito de recetas al pasar a escala y KPI claros. Además, promover la experimentación segura, mediante incentivos para propuestas internas de mejora del algoritmo y procesos. Se recomiendan los siguientes KPI de éxito, tiempo de desarrollo, tasa de éxito de formulaciones, costo por sku en escala, porcentaje de recetas reproducibles y velociad de aprendizaje del modelo.

10 Conclusiones

A lo largo de la historia, la tecnología ha sido un motor fundamental de transformación social e industrial, y actualmente nos encontramos en la Segunda Era de las Máquinas, donde la inteligencia artificial (IA) está revolucionando no solo las industrias, sino también la sociedad en su conjunto. Este estudio ha tenido como objetivo principal evaluar el impacto de la inteligencia artificial en la mejora continua de procesos industriales para optimizar la eficiencia operacional de las empresas.

Los hallazgos a nivel mundial demuestran un creciente optimismo y una alta expectativa sobre los efectos de la IA en las ofertas empresariales de múltiples sectores. La IA se reconoce mundialmente por su potencial para mejorar drásticamente la eficiencia operativa dentro de las organizaciones a través de la automatización, la toma de decisiones basada en datos y la reducción de errores humanos. Además, potencia la mejora continua al proporcionar análisis en tiempo real y recomendaciones basadas en datos, permitiendo a las organizaciones ajustar sus operaciones de manera más efectiva. Las organizaciones que logran adoptar inteligencia artificial pueden identificar ineficiencias y oportunidades de mejora rápidamente, lo que se traduce en una mejor calidad y eficiencia operativa.

A nivel global, la inteligencia artificial está experimentando un dinamismo, investigación y desarrollo crecientes, lo que sugiere que las tendencias actuales podrían evolucionar rápidamente. Existe un interés predominante en las publicaciones de IA para el sector educativo en todas las regiones. Sin embargo, en el sector industrial, Estados Unidos lidera la cantidad de publicaciones (14.06 %), mientras que China y la Unión Europea y Reino Unido muestran un mayor enfoque en el sector público. China es el principal interesado en el desarrollo de IA, liderando por una amplia mayoría la cantidad de patentes aprobadas, especialmente en el Sudeste Asiático y el Pacífico, que

poseen el 75.20 % del total mundial. Norteamérica, aunque inicialmente líder, ha visto su participación reducirse significativamente, con una brecha de aproximadamente 54 % con el Sudeste Asiático, Europa y Asia Central que tienen una participación menor (2.33 %). A nivel global, la adopción de IA por parte de las organizaciones ha aumentado, alcanzando un 55 % en 2023. Norteamérica se posiciona como el continente líder en adopción (61 % en 2023), superando la tendencia mundial. Contrariamente, a pesar de su liderazgo en patentes, China continental se mantiene por debajo del promedio mundial en adopción (48 % en 2023), aunque muestra un crecimiento considerable y Europa también ha mostrado un aumento significativo en la adopción de este tipo de tecnología.

En cuanto a la contratación de IA, Europa y Asia son las regiones predominantes, con países como Hong Kong (28.8 %) y Singapur (18.9 %) que encabezan el top. Aunque la mayoría de los países registró una disminución en la proporción de ofertas de empleo que requieren habilidades de IA entre 2022 y 2023, el número total de estas ofertas ha aumentado en los últimos cinco años. Junto a la contratación, surge el cuestionamiento el rendimiento de la inteligencia artificial en comparación a las capacidades humanas, donde la IA ha logrado superarla en siete categorías de tareas cognitivas, como la comprensión lectora y el razonamiento visual, lo que avala el aumento de ofertas de trabajo relacionadas con esta tecnología. Sin embargo, aún no supera a los humanos en tareas más complejas como el razonamiento visual de sentido común y la resolución de problemas matemáticos avanzados.

La inversión en inteligencia artificial ha mostrado un crecimiento notable con gran porcentaje de adquisiciones e inversión privada, aunque con una disminución reciente en 2022 y 2023. Las capacidades de inteligencia artificial más integradas en las industrias incluyen los procesos de automatización robótica, la comprensión de texto en lenguaje natural y los agentes virtuales. A su

vez, las áreas con mayor adopción de IA son el desarrollo de productos y/o servicios, marketing y ventas, y operaciones de servicios. Además, la IA ha generado significativas reducciones de costos y aumentos de ingresos, particularmente en operaciones de servicios y manufactura.

Respecto a la implementación de robots, se tiene que el número total de robots industriales instalados en el mundo ha mostrado un crecimiento sostenido, superando las 530 mil unidades en 2022. China lidera ampliamente la instalación de robots industriales con un crecimiento exponencial, mientras que otros países como Japón y Estados Unidos mantienen niveles más estables. También se observa un aumento progresivo de robots colaborativos, lo que indica una tendencia hacia la automatización compartida con humanos.

En síntesis, se puede determinar que el desarrollo de la inteligencia artificial se concentra en el continente asiático (principalmente China), la mayor cantidad de ofertas laborales que requieren estas capacidades se posiciona en Europa, y la adopción dentro de las organizaciones se concentra en Norteamérica. Esto podría implicar una dinámica de contratación de servicios de IA entre regiones, donde Norteamérica, al tener una mayor adopción, podría estar contratando servicios de Asia y Europa para modernizar sus operaciones de manera eficiente.

Sin embargo, la implementación de la IA no está exenta de desafíos. A nivel mundial, las empresas enfrentan altos costos iniciales, complejidad técnica, la necesidad de reformular estrategias organizacionales, resistencia organizacional y la falta de competencias digitales. También se ha identificado la privacidad y la gobernanza de datos como riesgos importantes para la estrategia de inteligencia artificial. A pesar del crecimiento en la demanda de habilidades relacionadas con IA, la mayoría de los países mostraron una disminución en las ofertas de empleo que requieren estas habilidades en 2023.

En el escenario nacional, Chile ha demostrado una sólida adopción y desarrollo de la IA,

impulsado por un marco regulatorio proactivo y el interés empresarial. El mercado de la IA en Chile ha experimentado un crecimiento del 26 %, con los sectores de manufactura, energía y comercio liderando. La principal aplicación de esta tecnología, se observa en la creación de asistentes de servicio al cliente, y el 48 % de las empresas chilenas perciben como un gran beneficio en la mejora de la productividad a partir de los resultados operacionales.

Para los casos de estudio utilizados, se identificó que Antofagasta Minerals ha implementado IA predictiva y analítica avanzada para la dosificación de ácido en la Minera Antucoya, logrando recuperar más de 44 toneladas de cobre extra por módulo y mejorando la recuperación metalúrgica entre un 6 % y 8 %. Además, están explorando la IA generativa para asistencia interna. Sin embargo, se presentan limitaciones que incluyen altos costos de implementación, complejidad operativa debido a la variabilidad del mineral, riesgos de ciberseguridad, factores externos del mercado y la gestión del cambio organizacional. Por otro lado, NotCo utiliza un algoritmo de IA patentado llamado Giuseppe para crear productos de origen vegetal que replican alimentos de origen animal, lo que ha permitido reducir el tiempo de desarrollo de productos de meses a semanas. Los principales desafíos de la empresa NotCo radican en la dependencia tecnológica del algoritmo, las regulaciones alimentarias en diferentes países, la creciente competencia y la escalabilidad de la producción.

En conclusión, la integración de la inteligencia artificial en los procesos industriales es un factor crítico para la competitividad y la optimización de la eficiencia operacional. A pesar de las barreras y desafíos inherentes a su implementación, como los altos costos iniciales y la resistencia al cambio, los beneficios en términos de mejora de la productividad, reducción de costos y aumento de ingresos son tangibles y significativos. La IA, combinada con modelos de mejora continua como Shingo y Lean Manufacturing, ofrece un camino claro para que las empresas identifiquen ineficiencias y generen valor. La experiencia global y nacional destaca la necesidad de un enfoque

estratégico y una robusta gestión del cambio para capitalizar plenamente el potencial transformador de la inteligencia artificial en la búsqueda de la excelencia operacional.

Referencias

Antofagasta PLC (2024). Anual report 2024. Último acceso: agosto 2025.

Brynjolfsson E., McAfee A., y Ghelfi E. (2016). *La segunda era de las máquinas: trabajo, progreso y prosperidad en una época de brillantes tecnologías*. Temas.

Company M. . (2023). The state of ai in 2023: Generative ai's breakout year. Último acceso: 14 de mayo de 2025.

Deming W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Center for Advanced Educational Services.

Fountaine T., McCarthy B., y Saleh T. (2019). Building the ai-powered organization. *Harvard Business Review*, 97(4):62–73. `https://hbr.org/2019/07/building-the-ai-powered-organization`.

Goodfellow I., Bengio Y., y Courville A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press, Cambridge, MA.

Imai M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill, New York.

Institute S. (2014). *The Shingo Model for Operational Excellence*. Shingo Institute, Logan, UT. Guide to applying the principles of operational excellence in organizations.

Jones D. T., Womack J. P., y Atmetlla E. (2018). *Lean Thinking: Cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*. Gestión 2000. Gestión 2000.

Juran J. M. (1993). *Análisis y planeación de la calidad: Del desarrollo del producto al uso*. McGraw-Hill, México, 3ra edición edición.

Kenney M. y Florida R. (1993). *Más allá de la producción en masa: el sistema japonés y su transferencia*. Oxford University Press.

Latinoamérica M. N. C. (2023). El 74 % de las grandes empresas chilenas incrementará su presupuesto de ia en los próximos dos años según un estudio de idc. Último acceso: octubre 30, 2024.

Liker J. K. (2004). *El método Toyota: 14 principios de gestión del mayor fabricante del mundo*. McGraw-Hill.

Marr B. (2015). *Key Performance Indicators: The 75+ Measures Every Manager Needs to Know*. Pearson Education, Harlow, England.

Mejía G. (2023). "giuseppe, la inteligencia artificial que creó un 'unicornio' en latam". *Wired en Español*. Último acceso: junio de 2025.

Minerals A. (2024). Uso de inteligencia artificial para dosificación de ácido en minera antucoya, chile. Último acceso: junio de 2025.

Mojtaba Ghobakhloo (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*. `https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869`.

Parmenter D. (2015). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs*. Wiley, New York, 3rd edición.

Ransbotham S., Gerbert P., Reeves M., Kiron D., y Spira M. (2017). Reshaping business with artificial intelligence. *MIT Sloan Management Review*, 59(1):1–17.

https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/.

Reñe L. y Carinci G. (2023). *Inteligencia Artificial un camino desconocido*. Autor.

Schroeder R. G., Goldstein S. M., y Rungtusanatham M. J. (2008). *Operations Management: Contemporary Concepts and Cases*. McGraw-Hill/Irwin, New York, N.Y., 4th edición.

Slack N., Chambers S., y Johnston R. (2010). *Operations Management*. Pearson Education, Harlow, England, 6th edición.

Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (2024). Artificial intelligence index report 2024. https://arxiv.org/abs/2405.19522. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.19522.

Tech T. F. (2022). Así es como notco usa inteligencia artificial en sus alimentos plant-based. *The Food Tech*. Último acceso: junio de 2025.

Tortorella G. y Fettermann D. (2017). Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56:1–13. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420.

Vásquez Cid de León, C., Alcántara Sánchez, A. N., y Montesinos González, S. (2023). Caracterización de la norma iso 9001:2015 a través de la mejora continua para su implementación en organizaciones con inteligencia artificial. *Ingeniería Industrial*, 45:109–129. https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6627.

Álvaro Díaz y Ramos V. (2021). Aplicación de ia y sensores p86 para optimizar la molienda en minería chilena. *IndiMin Noticias*. Último acceso: junio de 2025.