



TRANSFORMACIÓN DEL EMPLEO POR ADOPCIÓN DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL EN LOS SECTORES MANUFACTURA, SALUD Y FINANCIERO EN
COLOMBIA (2020–2024): UN ANÁLISIS DESDE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Integrantes:

Jorge Andrés Hernández Arévalo

Juan Diego Ocampo Orozco

Brayan Yecid Bermúdez Holguín

Modalidad: Monografía

Curso: Trabajo de Grado

PhD: Cristian Rincón Guio

Universidad Politécnica Grancolombiano
Programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería
1 de Julio De 2025
Bogotá

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

En primer lugar, agradecemos a PhD.Cristian Rincón Guio por su acompañamiento constante, sus orientaciones oportunas y sus valiosos aportes, que enriquecieron cada etapa del proceso.

A nuestros compañeros y equipo de trabajo, por su compromiso, disposición y colaboración, aspectos fundamentales que contribuyeron al logro de los objetivos propuestos.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, su paciencia y su confianza, que fueron un pilar esencial durante el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, agradecemos a las instituciones, autores y fuentes consultadas, que brindaron los recursos y conocimientos necesarios para consolidar este trabajo.

Resumen del Proyecto

El presente estudio analiza los efectos de la adopción de inteligencia artificial (IA) del empleo en Colombia, enfocado en los sectores manufactura, salud y financiero, durante el periodo 2020–2023, con proyecciones documentales hacia 2024. El objetivo general consiste en caracterizar el impacto ocupacional de la IA, entendida como el conjunto de tecnologías capaces de ejecutar tareas cognitivas o repetitivas tradicionalmente desarrolladas por seres humanos: IA predictiva y automatización robótica de procesos (RPA).

Mediante esta metodología documental con un enfoque mixto, se ha recolectado información desde fuentes secundarias de consulta formal: DANE, OIT, OCDE, BID y estudios de autores relacionados en el tema.

El análisis tiene en cuenta variables emergentes como la inversión en IA, el nivel de automatización, la desaparición y desplazamiento de tareas sustituibles y no sustituibles respectivamente, creación de nuevos perfiles laborales y brechas de competencias emergentes para finalmente realizar acercamiento con una matriz sectorial comparativa que permita determinar semejanzas y diferencias comunes en la implementación y transitaría de la relación laboral.

Se destaca que el impacto de la IA no es homogéneo: la manufactura presenta alto potencial en automatización de tareas físicas, el sector salud demanda reconversión de habilidades más que reemplazo directo, y el financiero se orienta a la digitalización de procesos administrativos. El estudio concluye que la transición tecnológica requiere estrategias diferenciadas por sector, centradas en equidad, formación y gestión del cambio organizacional desde la Ingeniería Industrial.

Palabras clave: inteligencia artificial, empleo, automatización, reconversión laboral, políticas públicas, Ingeniería Industrial.

Abstract

This study analyzes the effects of the adoption of artificial intelligence (AI) on employment in Colombia, focusing on the manufacturing, health, and financial sectors, during the period 2020–2023, with documentary projections towards 2024. The main objective is to characterize the occupational impact of AI, understood as the set of technologies capable of executing cognitive or repetitive tasks traditionally performed by humans: predictive AI and robotic process automation (RPA).

Through this documentary methodology with a mixed approach, information has been collected from secondary sources of formal consultation: DANE, ILO, OECD, IDB, and studies by related authors on the topic. The analysis takes into account emerging variables such as investment in AI, the level of automation, the disappearance and displacement of substitutable and non-substitutable tasks respectively, the creation of new job profiles, and emerging skills gaps, to finally conduct an approach with a comparative sector matrix that allows determining common similarities and differences in the implementation and transition of the labor relationship.

It is highlighted that the impact of AI is not homogeneous: manufacturing has a high potential for automation of physical tasks, the healthcare sector requires a reskilling of abilities rather than direct replacement, and the financial sector is oriented towards the digitalization of administrative processes. The study concludes that the technological transition requires differentiated strategies by sector, focused on equity, training, and management of organizational change from Industrial Engineering.

Keywords: artificial intelligence, employment, automation, workforce retraining, public policies, Industrial Engineering.

Contenido

Agradecimientos	2
Resumen del Proyecto	3
Título de la Propuesta:.....	9
Planteamiento del Problema:	9
Formulación del Problema	9
Pregunta de Investigación	11
Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos.....	12
Justificación.....	12
Estado del Arte	15
• Fundamentos de la Inteligencia Artificial y su Adopción Sectorial.....	17
• Transformación del Empleo y Automatización	18
• Brechas de Competencias y Análisis Ocupacional	19
• Políticas Públicas y Estrategias de Reconversión Laboral.....	20
Marco Teórico	21
Inteligencia Artificial, Transformación Productiva y Cambio en el Empleo.....	21
1. Inteligencia Artificial y su Aplicación en los Sistemas Productivos.	21
2. Transformación del Empleo: Perfiles Emergentes y Desplazados.....	22
3. Brechas de Competencias en el Contexto de la Automatización	22
Metodología.....	28
Enfoque y Diseño de Estudio	28
Población y Muestra.....	29
Variables y Categorías de Análisis	30
Técnicas e Instrumentos	31
Etapas del Estudio	31
Desarrollo	32
Desarrollo del Objetivo Específico 1.....	32
Introducción al Objetivo.....	32
Sectores con Mayor Adopción de IA	35
Análisis de Sectores Afectados por la IA (Objetivo 1)	44
Evolución del Empleo por Sector (2020–2024)	44
Desarrollo del Objetivo Específico 2.....	46

Introducción al Objetivo.....	46
Marco Conceptual sobre Habilidades Laborales.....	48
Perfiles Laborales Desplazados y Emergentes.....	49
Recomendaciones para la Ingeniería Industrial en la Reconversión Laboral	54
Desarrollo Objetivo 3	55
Identificación de Sectores Críticos por Automatización en Colombia	55
Diagnóstico de Impactos Diferenciados por Nivel Ocupacional	57
Propuestas de Estrategias desde la Ingeniería Industrial.....	61
Evaluación de la Sostenibilidad Organizacional en la Transición Tecnológica	64
Conclusiones	65
Referencias	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Variables y Categorías de Análisis	30
Ilustración 2 Técnicas e Instrumentos	31
Ilustración 3 Etapas del Estudio	31
Ilustración 4 Caracterización sectorial de la adopción de IA en Colombia (2020–2024)...	36
Ilustración 5 Comparativo entre sectores según impacto de la IA en el empleo (2020– 2024).....	40
Ilustración 6 Clasificación y análisis comparativo de perfiles	50
Ilustración 7 Brechas de competencias y desajuste en Colombia	54
Ilustración 8 Identificación de sectores críticos por automatización en Colombia.....	56
Ilustración 9 Diagnóstico de impactos diferenciados por nivel ocupacional	57
Ilustración 10 Estrategias por tipo de sector	63
Ilustración 11 Evaluación de la sostenibilidad organizacional en la transición tecnológica	64

Título de la Propuesta:

Impacto de la Inteligencia Artificial en el Empleo en Colombia (2020–2024): un Análisis desde la Ingeniería Industrial

Planteamiento del Problema:

Formulación del Problema

a) Diagnóstico del Fenómeno

En el ámbito global, la adopción de la inteligencia artificial generativa podría transformar hasta una cuarta parte de los empleos para 2024 (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023). En América Latina se estima que entre el 26 % y 38 % de los puestos de trabajo están potencialmente expuestos a esta tecnología, especialmente aquellos con tareas rutinarias y repetitivas (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2023). En Colombia, aunque no hay estadísticas oficiales sectoriales completas, existen evidencias de avance de la IA: un estudio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) indica que apenas el 6,1 % de las empresas industriales implementa soluciones de IA, y solo un 2,2 % desarrolla IA propia (BID, 2022). En contraste, el sector financiero muestra un mayor dinamismo: según Asobancaria (2024), el 73 % de las entidades bancarias ya ha incorporado herramientas basadas en IA, como chatbots y sistemas de detección de fraude. En el sector salud, se han creado plataformas de IA médica que mejoran la atención clínica; por ejemplo, MedSearch promete reducir hasta un 79 % el tiempo de búsqueda de información diagnóstica (Martínez & Gutiérrez, 2023). Estos datos, recogidos hasta 2023, permiten proyectar que la IA continuará influyendo sobre la estructura del empleo hasta 2024.

Para este análisis, se delimitarán claramente tecnologías clave de IA: automatización robótica de procesos (RPA), algoritmos de aprendizaje predictivo (para mantenimiento predictivo en manufactura y diagnósticos en salud), visión por computadora (p. ej. inspección de calidad o

análisis de imágenes médicas), procesamiento de lenguaje natural (p. ej. chatbots de servicio) y sistemas expertos (p. ej. asesoría financiera automatizada) (BID, 2022). Este diagnóstico sectorial parte de la perspectiva de la Ingeniería Industrial, que enfatiza la optimización de procesos y recursos humanos, para entender cómo dichas tecnologías reconfiguran los perfiles laborales en manufactura, salud y finanzas.

Consecuencias

La introducción acelerada de la IA en las industrias productivas y de servicios tiene múltiples implicaciones laborales. Por un lado, puede aumentar la productividad y la precisión en tareas complejas, pero también conlleva el riesgo de desplazamiento de trabajadores con ocupaciones rutinarias. Como advierte el informe del Banco Mundial y la OIT (2024), “la IA, la robótica y la automatización están transformando de forma acelerada y profunda el mundo del trabajo. Los empleos más rutinarios y de baja cualificación —frecuentemente ocupados por los sectores más vulnerables— son precisamente los primeros en verse afectados” (Banco Mundial & OIT, 2024). Esto puede traducirse en pérdida de empleos en tareas manuales, a menos que se produzca una reconversión de funciones.

Además, existe el desafío de una brecha de habilidades: la demanda de competencias digitales avanzadas (análisis de datos, mantenimiento de IA, ciberseguridad, etc.) crece, mientras los trabajadores desplazados pueden quedar rezagados. Paralelamente, las desigualdades laborales podrían acentuarse: en América Latina, menos del 42 % de la fuerza laboral contribuye a sistemas de seguridad social formales (OIT, 2023), lo cual deja a la mayoría en situación de vulnerabilidad ante desempleos tecnológicos.

En Colombia, la política de inteligencia artificial reconoce este reto y señala que la IA, si bien impulsa la productividad, “plantea desafíos que podrían afectar los derechos e incluso el

concepto de equidad” (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2023). En suma, la adopción de IA puede redefinir los empleos, creando nuevas oportunidades para perfiles tecnológicos, pero también generando riesgos de precarización y exclusión si no se maneja adecuadamente. Por ello es esencial plantear la transición laboral con un enfoque sostenible y equitativo.

Pregunta de Investigación

¿Cómo impacta la adopción de tecnologías de inteligencia artificial (por ejemplo, automatización robótica de procesos e IA predictiva) sobre el empleo en los sectores manufactura, salud y financiero de Colombia en el periodo 2020-2024, y qué medidas se requieren para gestionar esta transformación y asegurar una transición laboral sostenible y equitativa desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial?

Objetivos

Objetivo General

Analizar la transformación del empleo en los sectores manufactura, salud y financiero en Colombia atribuible a la adopción de tecnologías de inteligencia artificial (p. ej. automatización robótica e IA predictiva) durante 2020-2024, identificando sus efectos y proponiendo estrategias que garanticen una transición laboral sostenible y equitativa desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los sectores productivos en Colombia que han experimentado transformaciones laborales significativas a raíz de la adopción de inteligencia artificial entre 2020 y 2024.
- Identificar los cambios en la demanda de habilidades laborales, clasificando perfiles emergentes y desplazados con base en datos sectoriales y ocupacionales.
- Identificar los sectores económicos más vulnerables a la automatización en Colombia entre 2020 y 2024, analizando sus impactos diferenciados por nivel ocupacional, y proponer estrategias sostenibles de transición laboral desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial.

Justificación

a) Pertinencia Social

Entre 2020 y 2024, Colombia ha sido escenario de una transformación digital acelerada, impulsada por la adopción progresiva de tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) en diversos sectores económicos. Este fenómeno está modificando la naturaleza del trabajo, generando nuevos requerimientos de habilidades y ocasionando la gradual desaparición de ciertos tipos de ocupaciones. De acuerdo con estimaciones de Fedesarrollo (2024), alrededor del 58 % de los empleos actuales en Colombia presentan un nivel significativo de riesgo de automatización, siendo los más expuestos aquellos de carácter repetitivo, operativo o administrativo.

Esta dinámica es un desafío social de gran escala, ya que los trabajadores sin acceso a la formación tecnológica, los habitantes de las poblaciones rurales jóvenes emprendedores y las personas con educación básica pueden encontrar grandes dificultades en adaptarse al nuevo

entorno de producción. En ausencia de los mecanismos apropiados de acompañamiento, formación y reconversión, las brechas sociales y laborales pueden aumentar. Por tanto, esta investigación adquiere relevancia al contribuir al análisis de estas transformaciones desde una perspectiva integral que visibiliza los efectos sobre el empleo, las competencias laborales y los procesos de adaptación que requieren tanto los individuos como las organizaciones.

b) Contribución Académica

En el plano académico, esta investigación llena un vacío en la literatura especializada sobre IA y empleo, aportando evidencia y análisis centrados en Colombia desde una mirada interdisciplinaria. Hasta la fecha, muchos estudios internacionales han debatido los efectos de la automatización en el empleo –desde la proyección pionera de Frey y Osborne (2013), quienes estimaron que el 47 % de los trabajos en Estados Unidos estaban en riesgo de automatización, hasta análisis más recientes que sugieren que la mayoría de los empleos se transformarán, en lugar de ser destruidos (World Economic Forum, 2023). Sin embargo, existe escasa documentación empírica que vincule estas tendencias con datos locales concretos.

Académicamente, el proyecto contribuye al conocimiento mediante un análisis crítico del estado del arte: se revisan informes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2022), la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2023), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2021) y estudios nacionales como los de Fedesarrollo (2022) para contrastar visiones optimistas y pesimistas sobre la IA en el trabajo. Además, se identifican vacíos en esas investigaciones previas –por ejemplo, la falta de un enfoque sectorial detallado para Colombia o la ausencia de marcos analíticos integrales que combinen los ángulos tecnológico, económico y humano. Al presentar resultados sobre qué sectores colombianos evidenciaron mayor desplazamiento de tareas o qué brechas de habilidades emergen en la fuerza laboral, el estudio enriquece la literatura académica con hallazgos contextuales y actualizados (2020–2024).

Igualmente, la investigación aplica modelos teóricos al caso colombiano, evaluando la vigencia de hipótesis internacionales (como la polarización del empleo de Autor, Levy y Murnane, 2003) en un entorno latinoamericano. Esta doble aportación –empírica y teórica– hace que el trabajo sirva como base para futuros estudios comparativos e inspire nuevas líneas de investigación en economía laboral y gestión tecnológica en entornos emergentes.

c) Aporte Disciplinar (Ingeniería Industrial)

Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, el estudio se fundamenta en el análisis de procesos, la optimización de sistemas sociotécnicos y la planificación estratégica del talento humano. La automatización y la digitalización derivadas de la IA transforman no solo los puestos de trabajo, sino también la manera en que se estructuran las organizaciones, se diseñan los roles laborales y se gestiona el recurso humano. En este sentido, el proyecto plantea la implementación de instrumentos disciplinares como tablas de competencia; análisis de ocupación; simulación de futuros posibles y modelos de reciclaje laboral. La investigación también posibilita la revaluación del ingeniero industrial en cuanto facilitador de cambio tecnológico que diseña estrategias unificadoras de la rentabilidad empresarial y el aprovechamiento humano. Asimismo, aporta a la construcción de marcos metodológicos aplicables en contextos reales de transformación digital, contribuyendo a la toma de decisiones basada en datos y a la eficiencia organizacional en sectores productivos del país.

En suma, este trabajo de grado tiene el potencial de ofrecer una mirada aplicada, socialmente pertinente y académicamente sólida sobre los retos que plantea la inteligencia artificial en el empleo colombiano, y de proponer líneas de acción que puedan ser implementadas en contextos públicos y privados para una transición laboral sostenible.

Estado del Arte

- **Evolución de la Discusión Global (2010–2018):**

Los primeros análisis sobre IA y empleo surgieron en la década de 2010, marcados por posiciones encontradas. Un estudio ampliamente citado de Frey y Osborne (2013) provocó alarma al estimar que el 47 % de los empleos en EE.UU. era susceptible de automatización en dos décadas (Frey & Osborne, 2013). Simultáneamente, Brynjolfsson y McAfee (2014) plantearon en *The Second Machine Age* que la digitalización podría exacerbar desigualdades, pero también generar nuevos trabajos complementarios a la tecnología. En contraste, autores como David Autor argumentaron que la dinámica histórica es más compleja: la tecnología elimina ciertos tipos de tareas, no necesariamente empleos completos, y crea demanda en otras áreas. De hecho, Autor y colegas introdujeron el concepto de polarización laboral, observando cómo la informatización tiende a reducir empleos rutinarios de calificación media, mientras aumenta la demanda tanto de trabajos altamente calificados (no rutinarios cognitivos) como de empleos básicos de servicios no automatizables (Autor, Levy & Murnane, 2003). Hacia 2018, informes de organismos internacionales comenzaron a moderar el discurso: el Foro Económico Mundial (2018) en su reporte *Future of Jobs 2018* proyectó que, si bien 75 millones de empleos podrían ser desplazados por la automatización para 2022, alrededor de 133 millones de nuevos roles surgirían, enfatizando una transición neta positiva, pero con grandes retos de reskilling.

- **Antecedentes en América Latina y Colombia (2019–2021):**

A medida que la preocupación global crecía, estudios focalizados en América Latina aportaron matices relevantes para la región. La CEPAL (2019) señaló que cerca del 44 % de los empleos en América Latina podría ver cambios significativos por la automatización basada en IA. En particular, se advirtió que los trabajos menos calificados o de bajo nivel cognitivo son los

de mayor riesgo (CEPAL, 2019). En la misma línea, un informe del BID (2020) mostró que la adopción de robots industriales en economías avanzadas estaba afectando indirectamente a países emergentes: por ejemplo, la introducción de robots en EE.UU. contribuyó a menor demanda de exportaciones manufacturadas desde países como Colombia y Brasil, impactando negativamente el empleo industrial local. Fedesarrollo (2021) y otros centros locales empezaron a cuantificar el fenómeno en Colombia, revelando que un 58 % de los empleos nacionales actuales podrían automatizarse parcial o totalmente, especialmente en sectores como servicios, comercio y agricultura. Estos estudios regionales aportaron una primera identificación de brechas de preparación: brecha digital (limitado acceso a tecnologías en PYME y regiones periféricas) y brecha de habilidades (déficit de competencias STEM en la fuerza laboral), sugiriendo la urgencia de políticas de formación y adaptación.

- **Enfoques Recientes y Vacíos Identificados (2022–2024):**

En años más recientes, el debate ha virado hacia entender cómo se está dando la integración hombre-máquina y qué políticas funcionan. El *Future of Jobs Report 2023* del Foro Económico Mundial (2023) y la OIT (2023) coinciden en que la adopción de IA generativa tendrá un efecto general más transformador que catastrófico: estiman que la mayoría de trabajos serán redefinidos, no eliminados, con apenas un 2–5 % potencialmente automatizados por completo. No obstante, persisten vacíos en la investigación aplicada. Uno de ellos es la falta de análisis críticos sectoriales: si bien se sabe a nivel global que manufactura y agricultura tienen altas tareas automatizables, pocos estudios detallan qué ocurre en sectores como comercio minorista, educación o gobierno en el contexto latinoamericano. Este trabajo de grado aborda ese vacío enfocándose en sectores clave de Colombia y documentando sus trayectorias 2020–2024. Otro vacío es la evaluación de las políticas de respuesta: se han propuesto numerosas

recomendaciones (p. ej., programas de reentrenamiento, apoyo a trabajadores desplazados, marcos éticos para IA), pero hay poca evidencia sobre su implementación práctica en Colombia.

Por ejemplo, aunque el país formuló una Política Nacional de Transformación Digital e IA (Conpes 3975 de 2019), no hay publicaciones académicas que evalúen su impacto en el mercado laboral. Así, el presente estado del arte no solo recopila hallazgos existentes, sino que destaca las áreas grises donde el conocimiento es limitado. En definitiva, se identifica la necesidad de estudios integrales que combinen datos cuantitativos nacionales con el marco conceptual internacional, para entender la doble cara de la IA en el empleo: como riesgo de desplazamiento y como oportunidad de evolución del trabajo. Este proyecto se erige precisamente sobre esa necesidad, situándose en la intersección entre la literatura global y la realidad local, y señalando las brechas que la investigación subsiguiente deberá seguir explorando (por ejemplo, impacto de la IA generativa post-2024, efectos en la informalidad, y evaluación longitudinal de políticas de capacitación).

- **Fundamentos de la Inteligencia Artificial y su Adopción Sectorial**

Inteligencia Artificial (IA) es tecnología que transversalmente revoluciona varios sectores productivos, implementando algoritmos de aprendizaje automático, visión por computador, procesamiento de lenguaje natural y automatización de procesos. En Colombia, su uso se ha destacado por su propagación en el comercio, salud, banca, manufacturera y construcción, específicamente, la IA optimiza operaciones, reduce costos y aumenta la capacidad analítica. Ministerio TIC especula que el 63 % de las empresas del sector de la construcción y 48 % del sector de comercio ya cuentan con tecnologías de IA en sus procesos operativos. Según el World Economic Forum (2023), la IA se posiciona como uno de los motores clave de la Cuarta Revolución Industrial, con

capacidad para crear nuevos modelos de negocio, optimizar operaciones y elevar la competitividad.

En el contexto colombiano, la Política Nacional de IA, establecida en el CONPES 4144 (DNP, 2023), evidencia una adopción creciente de estas tecnologías en sectores como la salud, el comercio, la industria manufacturera, la construcción y los servicios financieros. Por ejemplo, se estima que un 63 % de las empresas del sector construcción y un 48 % del sector comercio han implementado herramientas de IA como sistemas de análisis predictivo, automatización de procesos, o asistentes virtuales (MinTIC, 2023).

Además, el mismo proceso ha sido documentado por estudios internacionales. De acuerdo con Gallego et al. : “La gran mayoría de los desembolsos se concentra en muy pocas empresas, la implementación de IA está altamente dirigida a empresas grandes.

Hasta ahora, el 93 % de las MIPYMES colombianas aún no ha incorporado tecnologías inteligentes en su operación”. Tales diferencias dejan una brecha estructural que potencialmente puede profundizar desigualdades dentro del aparato productivo del país.

- **Transformación del Empleo y Automatización**

Diversos estudios coinciden en que la automatización inducida por la IA tiene efectos directos en el empleo, particularmente en los trabajos rutinarios y repetitivos. Fedesarrollo (2024) estima que cerca del 60 % de los empleos actuales en Colombia tienen un riesgo alto de automatización, afectando principalmente a trabajadores de sectores como comercio, manufactura y servicios administrativos. Esta cifra es consistente con el informe de la OIT (2023), el cual indica que un 26 % de los puestos

laborales en el país experimentarán modificaciones significativas en sus tareas, y aproximadamente un 5 % podría ser completamente automatizado.

- La denominada “polarización del empleo”, fenómeno descrito por autores como Brynjolfsson y McAfee (2014), se está replicando en países en desarrollo como Colombia. En este proceso, los trabajos de alta calificación crecen en demanda, mientras que los de calificación media y baja tienden a desaparecer. En este sentido, profesiones como digitadores, agentes de servicio al cliente, auxiliares administrativos y operadores logísticos están en riesgo de reducción o transformación, mientras que perfiles como científicos de datos, ingenieros en IA y especialistas en ciberseguridad muestran una expansión acelerada.
- Es importante señalar que, si bien la IA puede generar pérdidas netas de empleos en ciertas industrias, también crea nuevas oportunidades que requieren reconversión de habilidades. Esta dinámica no implica un reemplazo absoluto del ser humano, sino una transformación en el contenido del trabajo. En otras palabras, la automatización no elimina todos los empleos, pero sí transforma los requerimientos de competencias, reorganiza las tareas y exige procesos de adaptación continua.

- **Brechas de Competencias y Análisis Ocupacional**

Segundo, datos recientes indican que la automatización probablemente genere un desequilibrio entre la demanda de habilidades del mercado y el nivel de competencias de la fuerza laboral. Según Hoyos, H. A., García y colaboradores (2005), en Colombia, el déficit de competencias digitales en programación, análisis de datos y uso de plataformas digitales es agudo en el segmento de la fuerza laboral con menor escolaridad y/o acceso a la formación técnica. Este problema es posible detectar de forma metódica utilizando

parrillas de competencias entrecruzadas, el análisis de ocupaciones y otros medios de pronóstico ocupacional, lo que facilita la toma de decisiones en cuanto a la necesidad y pertinencia de readaptación en ciertas áreas. Como el caso de Colombia indica que fortalecer la formación técnica, la educación tecnológica y la readaptación de los trabajadores en actividades en riesgo de automatización es particularmente apremiante.

- **Políticas Públicas y Estrategias de Reconversión Laboral**

Ante el crecimiento de los riesgos y las oportunidades de la IA para el empleo, el Estado colombiano ha aplicado distintas estrategias, aun así, con resultados parcialmente exitosos. El documento guía es el CONPES 4144, que establece directrices para la IA ética, competitiva y responsable. Así, el CONPES razona la necesidad de capacitar talento humano en tecnologías 4.0, promover la educación digital y fortalecer alianzas entre el sector productivo y el sistema educativo. Además, el Ministerio TIC ha impulsado iniciativas como Misión TIC y AvanzaTEC+, que buscan eliminar la brecha digital mediante itinerarios acelerados de capacitación para habilidades tecnológicas. A pesar de estos esfuerzos, Colombia se sitúa debajo de países como Chile, Brasil y Uruguay en implementación efectiva de políticas de inteligencia artificial, según el índice latinoamericano de IA. A lo anterior, se suman ineficiencias en términos de cobertura, sostenibilidad y articulación interinstitucional. Analizando la reconversión laboral, Vanegas et al. señalan que esta área en Colombia carece de una coordinación efectiva entre educación, empleo y productividad. No existen mecanismos de evaluación de impacto, incentivos para la formación de pymes o sistemas de certificación modular que faciliten el paso entre distintas ocupaciones. Asimismo, los autores señalan una falta de regionalización de las políticas, que se encuentran mayormente en zonas urbanas y tienen

baja penetración en áreas rurales y vulnerables. Esto pone en peligro el objetivo de una transición equitativa y sostenible frente a la transformación laboral de la automatización.

Marco Teórico

Inteligencia Artificial, Transformación Productiva y Cambio en el Empleo

1. Inteligencia Artificial y su Aplicación en los Sistemas Productivos.

Desde un enfoque sistémico, la inteligencia artificial representa una tecnología disruptiva que transforma las relaciones entre recursos humanos, procesos y tecnología en los sistemas productivos. Su implementación implica el rediseño de flujos de trabajo, la redefinición de roles y la incorporación de nuevas capacidades organizacionales, lo cual plantea retos operativos, estratégicos y éticos que deben ser abordados desde disciplinas como la Ingeniería Industrial. Estas tecnologías avanzaron significativamente gracias al desarrollo de algoritmos avanzados, mayor capacidad de procesamiento y la disponibilidad masiva de datos, lo que facilitó su implementación en procesos empresariales, gubernamentales y sociales. El despliegue de IA en Colombia creció rápidamente gracias a la pandemia de COVID-19, cuando muchas organizaciones recurrieron a soluciones automatizadas para continuar con sus operaciones. CONPES 4144 indica que al menos una herramienta de IA chatbots, sistemas predictivos, visión artificial o automatización robótica de procesos se implementa en más del 40 % de las organizaciones en los sectores de la construcción, el comercio y la manufactura y se utiliza para mejorar el control de calidad y predecir fallos, personalizar servicios al cliente o reducir el desperdicio en cadenas de producción. Por lo tanto, la IA representa una evolución tecnológica y estructural en los modelos de producción. Desde el punto de vista de la Ingeniería Industrial, esta evolución implica un rediseño del diseño organizacional, transformación de procesos, análisis del trabajo y gestión del talento humano.

2. Transformación del Empleo: Perfiles Emergentes y Desplazados

La automatización y digitalización inducidas por la IA han sido responsables de un proceso de sustitución y creación de empleo. Diversos estudios, como los de Frey y Osborne, plantean que tareas rutinarias, ya sean físicas o cognitivas, tienen una mayor probabilidad de ser automatizadas. La literatura coincide en que la inteligencia artificial no afecta de manera uniforme todos los niveles ocupacionales. A nivel global, el concepto de “polarización del empleo” (Brynjolfsson & McAfee, 2014) explica cómo la demanda laboral se concentra cada vez más en empleos altamente calificados y de baja automatización, mientras disminuye para trabajos rutinarios de nivel medio. En el contexto colombiano, este fenómeno comienza a evidenciarse con mayor claridad en sectores como servicios y manufactura, donde las tareas administrativas repetitivas han sido las primeras en transformarse mediante automatización. En contrapartida, han emergido nuevos empleos y perfiles ocupacionales asociados a la economía digital, como data analyst, especialista en ciberseguridad, desarrollador de IA, automatización Engineer, experto en experiencia de usuario, etc. Significando así que la mayoría de los nuevos empleos requieren habilidades tecnológicas avanzadas, con competencias cognitivas complejas como creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas, lo que hace que la formación sea continua y flexible, un elemento clave para el empleo. La diversidad de los factores que condicionan a los efectos de la IA conduce a la necesidad de un enfoque técnico, que integre el análisis ocupacional, la valoración de las tareas que se automatizan y la prospectiva del trabajo, para anticipar y desenmascarar los impactos de la IA y diseñar estrategias adaptativas que reduzcan la exclusión social y laboral.

Brechas de Competencias, Análisis Ocupacional y Políticas Públicas de Reconversión Laboral

3. Brechas de Competencias en el Contexto de la Automatización

La llegada de la inteligencia artificial a los procesos productivos ha provocado una creciente dislocación entre la oferta de habilidades de la fuerza laboral y los requerimientos del mercado, conocida como “skills mismatch”. Este desajuste no solo restringe la empleabilidad, sino que también limita la productividad y la competitividad de las organizaciones. En el caso de Colombia, Hoyos, H. A., García et al. identificó como la mayor discrepancia de cobertura a las habilidades digitales avanzadas – como Python, SQL, análisis de datos, ciberseguridad, machine learning –, mientras que las cualificaciones más genéricas o sobre-ofertadas, como trabajo en equipo, honestidad o liderazgo, tienden a estar desalineadas con la demanda real. Desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial, estas brechas pueden analizarse a través de herramientas estructuradas como matrices de competencias, que comparan el perfil actual con el requerido por un proceso automatizado ideal. Las matrices ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations) permiten clasificar ocupaciones según habilidades requeridas, nivel de cualificación y tareas asociadas. Este sistema facilita el análisis comparativo entre perfiles ocupacionales y permite identificar competencias clave en entornos automatizados, útil para diseñar programas de formación más pertinentes. Por último, el análisis ocupacional puede enriquecerse con modelos de prospectiva ocupacional, como el empleado por la OIT y el Banco Interamericano de Desarrollo, que estima necesidades de habilidades basadas en tendencias demográficas, de inversión y tecnológicas. Este enfoque, esencialmente anticipatorio, es clave para el diseño de planes de carrera, programas de capacitación y upskilling/regskilling en Colombia.

4. Políticas Públicas y Estrategias de Reconversión Laboral

En los últimos años, la gestión del cambio tecnológico desde la política pública ha cobrado centralidad. En Colombia, el CONPES 4144 de 2023 – Política Nacional de IA define como prioridades estratégicas el desarrollo de talento humano en tecnologías 4.0, la formación en

competencias digitales y la creación de mecanismos de reconversión laboral para los sectores impactados por la automatización. Sin embargo, la evidencia disponible sugiere que las intervenciones planteadas han sido fragmentadas, de escasa cobertura y con limitada articulación interinstitucional. Desde una perspectiva estructural, si bien se han formulado políticas públicas en el área de la reconversión laboral, éstas aún presentan debilidades en su implementación. En este sentido, si bien algunos ejemplos son el caso del Marco Nacional de Cualificaciones – MNC y programas de formación digital, estas iniciativas adolecen de una coordinación eficaz entre los diferentes actores del sistema educativo, el productivo y gobierno. Al mismo tiempo, su impacto ha sido limitado debido a la ausencia de mecanismos de seguimiento y aplicación al mismo territorio. La reconversión laboral puede ser abordada desde la Ingeniería Industrial como un problema de gestión de procesos en el cual el trabajador transita desde un estado actual a un estado objetivo, a partir de un diseño estructurado de competencias, recursos formativos, validación de los resultados y retroalimentación. Este enfoque, además de optimizar la inversión pública, reduce los tiempos de validación e incorporación y asegura la delimitación entre los objetivos de la oferta educativa y los requerimientos del demandante. De igual forma, la incorporación de modelos de simulación y análisis de escenarios permite a los gestores de política anticipar los impactos de la automatización por regiones y sectores y priorizar la toma de decisiones según la criticidad de riesgo laboral. Ejemplificando, es posible estimar el número de trabajadores administrativos reemplazables en un sistema hospitalario con adopción de IA y diseñar carreras formativas específicas para su reubicación en funciones clínicas, logística o administración. En resumen, el abordaje de las brechas de competencia y la reconversión laboral deben integrar herramientas cuantitativas, análisis de procesos, evaluación de impacto y articulación de actores institucionales. Solo a través de un enfoque sistémico, riguroso y anticipatorio — propio de la Ing. Industrial — será posible diseñar políticas públicas efectivas

que permitan a Colombia transitar a un mercado laboral inteligente, inclusivo y resiliente frente a la automatización.

5. Teorías Sobre Automatización y Empleo

Este apartado explora los marcos teóricos que explican cómo las tecnologías disruptivas – particularmente la IA– afectan la oferta y demanda de trabajo. Un punto de partida es la idea clásica de “desempleo tecnológico” desarrollada por Keynes (1930), quien anticipaba escenarios donde la automatización superaría la capacidad de crear nuevos empleos. Sin embargo, los enfoques modernos ofrecen una visión más matizada.

La teoría del sesgo tecnológico por habilidades (Skill-Biased Technological Change) postula que la tecnología incrementa la productividad de trabajadores altamente calificados mientras reduce la demanda de mano de obra menos calificada. Acemoglu y Restrepo (2018) profundizan esta línea al distinguir entre el efecto desplazamiento –robots y algoritmos que reemplazan trabajadores en tareas específicas– y el efecto productividad –nuevas tecnologías que generan empleos complementarios y aumentan la producción total–. El impacto neto sobre el empleo depende de cuál efecto predomine.

Por otro lado, Schumpeter (1942) introdujo el concepto de “destrucción creativa”, que es particularmente relevante: cada ola tecnológica destruye empleos obsoletos, pero da lugar a nuevas ocupaciones previamente inexistentes, transformando la estructura ocupacional. Estas teorías sugieren que la IA puede simultáneamente eliminar puestos tradicionales y originar campos laborales emergentes (por ejemplo, analistas de big data o especialistas en IA). La OIT (2023) sostiene que la mayoría de los empleos no desaparecerán, sino que cambiarán de naturaleza, requiriendo la intervención humana en nuevas funciones.

Este marco teórico general permite comprender el equilibrio dinámico entre pérdida y creación de empleos en la era de la IA.

6. Modelo de Polarización del Empleo (Autor, Levy y Murnane)

Un componente central del marco teórico es el modelo de polarización ocupacional propuesto por Autor, Levy y Murnane (2003). Estos autores diferenciaron entre tipos de tareas dentro de los trabajos para explicar el impacto desigual de la informática y la IA. Según su modelo, las tareas rutinarias –repetitivas, predecibles y basadas en reglas, tanto manuales como cognitivas simples– son altamente susceptibles de ser automatizadas. En cambio, las tareas no rutinarias se dividen en cognitivas avanzadas (resolución de problemas complejos, análisis, creatividad) y manuales no rutinarias (habilidades sociales, empatía, destreza en entornos no estructurados, como el cuidado de pacientes), que son difícilmente automatizables con la tecnología actual.

El efecto de las oleadas tecnológicas recientes, incluida la IA, ha sido la “polarización” del empleo: los trabajos de nivel medio (como contables, operarios fabriles y oficinistas) tienden a reducirse, mientras crecen tanto los empleos altamente calificados (científicos de datos, ingenieros, analistas) como algunos de baja calificación (servicios personales o tareas físicas no repetitivas). En Colombia, evidencia empírica reciente sugiere que también se observa esta tendencia: entre 2015 y 2024 se han reducido puestos administrativos y operativos, mientras ha crecido la demanda de profesionales TIC y trabajadores en servicios básicos donde la interacción humana es insustituible.

El modelo ALM permite categorizar ocupaciones colombianas según su contenido de tareas y predecir su vulnerabilidad o resiliencia frente a la IA. Esta categorización se usa en capítulos posteriores para diagnosticar el grado de exposición de distintos perfiles ocupacionales en Colombia a la automatización.

7. Enfoque de Sistemas Sociotécnicos

Complementando las teorías económicas, el marco teórico incorpora la perspectiva de sistemas

sociotécnicos, desarrollada por Trist y Emery en los años sesenta. Este enfoque postula que toda organización es una interacción entre subsistemas técnicos y sociales, por lo cual la adopción de nuevas tecnologías como la IA debe analizarse atendiendo tanto a la dimensión técnica como a la organizacional y humana.

Aplicado al empleo, esto implica que el impacto de la IA no depende exclusivamente de su capacidad técnica, sino también de factores sociales como la cultura de la empresa, las competencias de los trabajadores, la gestión del cambio y las normas laborales. Por ejemplo, dos empresas con la misma tecnología IA pueden obtener resultados opuestos en empleo según cómo involucren a su personal en el rediseño de procesos.

Un sistema sociotécnico bien equilibrado buscará integrar lo mejor de ambos mundos: eficiencia técnica (IA en tareas repetitivas o analíticas) y fortalezas humanas (empatía, creatividad, supervisión). Esta perspectiva también enfatiza la importancia de la participación de los empleados para evitar consecuencias negativas como sobrecarga, alienación o resistencia al cambio. Por tanto, en el desarrollo del análisis se evaluarán casos de éxito (y fracaso) en la adopción de IA en Colombia, observando la reorganización de los equipos de trabajo y las prácticas de gestión que facilitaron una transición armoniosa.

Herramientas de Análisis Ocupacional y Marcos Analíticos

Finalmente, el marco teórico se apoya en modelos analíticos concretos para estudiar el impacto de la IA a nivel de tareas y competencias. Una herramienta clave es el uso de bases de datos ocupacionales como ONET (EE.UU.) y ESCO (UE), que clasifican las ocupaciones por tareas realizadas y habilidades requeridas. Estudios recientes (Autor et al., 2003; Felteni et al., 2019; OIT, 2023) han utilizado estas matrices para calcular un “puntaje de automatización” de cada ocupación, según qué proporción de sus tareas podrían ser realizadas por IA.

Por ejemplo, un analista financiero realiza tareas de recopilación de datos (altamente automatizable) y asesoría estratégica (menos susceptible). Al combinar estas funciones, se estima el porcentaje de su trabajo automatizable. La OIT (2023) actualizó recientemente esta metodología para IA generativa, encontrando que el puntaje promedio de automatización con la tecnología de 2024 es de 0.29 (en una escala de 0 a 1).

Además, se incluyen modelos de brechas de competencias, definidos como la distancia entre las habilidades requeridas por la industria bajo IA y las realmente disponibles en la fuerza laboral. Se consideran estudios sobre capital humano en Colombia, como el Índice de Talento Global (WEF) y reportes del SENA, para evaluar la oferta y demanda de competencias digitales.

Metodología

Enfoque y Diseño de Estudio

Este estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de carácter documental, sustentado en la revisión y análisis de literatura académica, informes técnicos y documentos institucionales producidos entre 2020 y 2024. Se optó por una metodología no experimental y de tipo exploratorio, dado que no se busca establecer relaciones causales, sino caracterizar las transformaciones laborales asociadas a la adopción de inteligencia artificial (IA) en sectores productivos clave de Colombia, con especial énfasis en el comercio y los servicios financieros y de salud.

Persiguiendo una meta, el enfoque cualitativo persigue comprender los significados, percepciones y efectos sociales vinculados a la reconversión laboral y al cambio de perfiles ocupacionales. Simultáneamente, el componente cuantitativo permitirá una descripción y análisis objetivo de las tendencias sectoriales en la adopción de la IA, la evolución de los perfiles

laborales y la brecha de habilidades. En cuanto a las caracterizaciones de diseño, el componente cuantitativo es no-experimental, descriptivo y basado en datos históricos de los sectores seleccionados, mientras que el componente cualitativo toma la forma de un estudio documental-analítico basado en políticas públicas, artículos académicos y documentos de trabajo institucionales. Según Hernández Sampieri, este enfoque es apropiado si el investigador busca integrar varios tipos de datos para obtener una visión más completa de un fenómeno. Además, el estudio es un estudio de caso múltiple en el sentido de Yin, ya que examina varios sectores energéticamente productivos, como la industria, el comercio, la salud y la construcción, como unidades de análisis bajo la lógica de replicación teórica.

Población y Muestra

Población

La población está constituida por el universo de ocupaciones laborales en los sectores productivos más afectados por la adopción de IA en Colombia durante el periodo 2020–2024. Esto incluye trabajadores de los sectores de industria, servicios, comercio, construcción, salud y administración pública.

Muestra

En este sentido, la muestra es no probabilística de tipo intencional, con base en donde se tiene evidencia documentada de adopción de IA en sectores productivos, además de fuentes oficiales que permitan observar cambios e en perfiles ocupacionales. Por lo tanto, se tomarán fuentes secundarias como del DANE, MinTIC, Fedesarrollo, OIT y documentos de política pública, además de bases académicas como Scopus, Scielo, Google Scholar. No hay participación directa de individuos, por tanto, no se recogen datos personales de manera primaria.

Criterios de Inclusión

- Documentos académicos y técnicos publicados entre 2020 y 2024.
- Fuentes institucionales con datos oficiales sobre empleo e IA.
- Sectores económicos con evidencia de transformación digital.

Criterios de Exclusión

- Estudios fuera del periodo de análisis o que no aborden IA aplicada al empleo.
- Sectores sin evidencia documentada de transformación tecnológica.

Variables y Categorías de Análisis

Variable / Categoría	Descripción	Tipo	Medición / Análisis	Fuente
Nivel de adopción de IA sectorial	Grado en que un sector ha implementado tecnologías de IA	Cuantitativa	% de adopción según reportes sectoriales	Fedesarrollo (2024), MinTIC
Perfiles laborales desplazados	Ocupaciones que han disminuido por efecto de la automatización	Cualitativa	Clasificación ocupacional por sector	Morales Pantoja et al. (2023)
Perfiles emergentes	Nuevas ocupaciones o funciones derivadas de la IA	Cualitativa	Análisis por área de especialización	WEF (2023), BID (2022)
Brechas de competencias	Diferencia entre habilidades requeridas y disponibles en la fuerza laboral	Cuantitativa	Comparación matriz de competencias	Abadía-Alvarado et al. (2023)
Políticas públicas de reconversión laboral	Acciones estatales orientadas a la formación y adaptación de trabajadores	Cualitativa	Análisis documental crítico	CONPES 4144 (2023), Vanegas (2024)

Ilustración 1 Variables y Categorías de Análisis

Técnicas e Instrumentos

Enfoque	Técnica	Instrumento
Cualitativo	Revisión documental	Fichas de análisis de contenido – matrices comparativas
Cualitativo	Análisis de políticas	Matriz de evaluación de políticas públicas (estructura, alcance, impacto)
Cuantitativo	Análisis de datos sectoriales	Base de datos en Excel – Indicadores por sector, año, ocupación
Cuantitativo	Análisis comparativo	Matriz de contraste entre perfiles ocupacionales antes y después del cambio

Ilustración 2 Técnicas e Instrumentos

La estructura de los instrumentos contempla variables sectoriales (adopción de IA, empleo), ocupacionales (códigos CNO y ESCO), y normativas (políticas, programas de formación, resultados esperados). El instrumento cualitativo principal será una ficha de análisis documental estructurada en dimensiones: contexto, problema, medidas implementadas, resultados y vacíos.

Etapas del Estudio

Se adopta la Opción 2: Etapas del estudio, siguiendo los objetivos específicos como ejes de trabajo:

Etapas	Actividad principal	Productos esperados
Diagnóstico	Recolección de información sobre adopción de IA en sectores clave	Tabla comparativa sectorial
Caracterización	Análisis de perfiles laborales desplazados y emergentes, usando matrices ocupacionales	Clasificación de ocupaciones por impacto
Evaluación	Identificación y análisis de brechas de competencias + evaluación de políticas existentes	Informe técnico de brechas y análisis normativo
Propuesta	Formulación de estrategias de reconversión laboral desde la Ingeniería Industrial	Documento de propuesta técnica con lineamientos

Ilustración 3 Etapas del Estudio

Desarrollo

Desarrollo del Objetivo Específico 1

Caracterizar los sectores productivos en Colombia que han experimentado transformaciones laborales significativas a raíz de la adopción de inteligencia artificial entre 2020 y 2024; mediante un análisis exploratorio-documental apoyado en indicadores cuantitativos y cualitativos.

Introducción al Objetivo

La aceleración del proceso de transformación digital en Colombia en el periodo 2020–2024 ha dejado al desnudo el impacto estructural que las tecnologías emergentes, especialmente la inteligencia artificial, están generando en el modelo productivo. La adopción de herramientas inteligentes no solo ha permitido mejoras en términos de eficiencia, costo y automatización, sino que, por otro lado, ha resultado en cambios significativos en el trabajo, los empleos y las ocupaciones, y en la distribución de sectores dentro de la economía existen transversales sobre estas dimensiones. En este sentido, se considera necesario identificar y caracterizar aquellos sectores productivos que han visto relevantes transformaciones laborales como resultado de adherirse a soluciones basadas en técnicas de IA. Así, el objetivo planteado vislumbra la necesidad de conceptualizar dichos sectores en términos técnicos, contextuales y comparativos, dados no solo por el nivel de adopción de tecnología, sino por la magnitud de las transformaciones laborales. De acuerdo con la Política Nacional de Inteligencia Artificial CONPES 4144, 2023, se encuentran los sectores de comercio, manufactura, salud, servicios financieros, telecomunicaciones y construcción. Sin embargo, la forma en que la automatización

impacta cada uno de estos sectores varía considerablemente de acuerdo con variables como el tamaño empresarial, el capital humano disponible, el grado de digitalización preexistente y tipo de labor que realicen los empleados. Entender las transformaciones laborales posibles en estos, resulta necesario para evaluar el estado de la relación tecnología y empleo. Desde un punto de vista de la ingeniería industrial, la caracterización de estos elementos será clave para estructurar estrategias de adaptación productiva, reorganización laboral y también, gestión del cambio ante el desafío de la automatización. En este sentido, esta sección expedirá un diagnóstico sectorial con base en información estadística y documental reciente, que permitirá establecer una radiografía comparativa entre sectores de alta, media y baja adopción de IA. Se pondrá el foco en qué funciones laborales han sabido ser modificadas, qué tipo de empleo se ha visto más afectado o desaparecido, y cuáles son las brechas más visibles sobre capacidades y perfiles en los sectores productivos del país.

Marco Analítico Sectorial

La caracterización de los sectores productivos afectados por la inteligencia artificial en Colombia requiere de un marco analítico que permita identificar, comparar y clasificar los tipos de transformación laboral que se han producido en cada uno. Para tal fin, este estudio adopta un enfoque exploratorio-descriptivo, fundamentado en la revisión de fuentes secundarias, como informes técnicos de entidades gubernamentales (DANE, MinTIC, DNP), multilaterales (OIT, BID, OCDE), centros de investigación (Fedesarrollo) y literatura académica publicada entre 2020 y 2024.

En primera instancia, el criterio base para determinar que un sector ha sido significativamente transformado por la IA es el nivel de adopción tecnológica. Este se define como el grado en que las empresas de un determinado sector han incorporado soluciones de IA en sus procesos, tales como automatización robótica, sistemas predictivos, asistentes virtuales,

algoritmos de análisis de datos, visión artificial o plataformas de gestión inteligente. La Política Nacional de Inteligencia Artificial (CONPES 4144, 2023) y el informe técnico de Gallego et al. (2023) permiten establecer estimaciones confiables sobre los porcentajes de adopción en sectores clave.

En segundo lugar, se considera el grado de transformación organizacional y laboral, entendido como el conjunto de cambios que la IA ha provocado en los modelos de trabajo, la estructura ocupacional y la gestión del talento humano. Para ello, se toman en cuenta variables como la reducción o sustitución de tareas humanas, la creación de nuevos roles especializados, la incorporación de funciones híbridas hombre-máquina, y la modificación de los perfiles de contratación.

La siguiente dimensión es el impacto ocupacional por nivel de calificación, con la cual se puede identificar qué segmentos de trabajadores, ya sea operativos, técnicos o profesionales, han sido más afectados o beneficiados por la automatización. Esta variable se construyó a partir del análisis de las clasificaciones ocupacionales CNO, en el caso de Colombia, y referencias ESCO, así como la revisión de estudios de brechas de habilidades publicados por Fedesarrollo, en 2024, MinTrabajo y OIT. La priorización de sectores se cimenta en aquellos en que se ha evidenciado un desplazamiento de tareas rutinarias y un alza en la demanda de competencias digitales.

Además, el marco analítico incorpora una lectura comparativa sectorial, diferenciando sectores con:

- Alta adopción de IA y transformación intensa (p. ej., servicios financieros).
- Adopción media con transformación selectiva (p. ej., manufactura).
- Baja adopción, pero con proyección de impacto en el mediano plazo (p. ej., construcción).

Esta clasificación permitirá establecer patrones de evolución tecnológica diferenciados, útiles para orientar políticas de reconversión y planificación estratégica sectorial.

Finalmente, se consideran elementos de análisis territorial y empresarial, reconociendo que la transformación digital no ha sido homogénea en todas las regiones del país ni en todos los tamaños de empresa. Las grandes empresas urbanas han liderado la integración de IA, mientras que las microempresas y las ubicadas en zonas rurales enfrentan limitaciones estructurales para su incorporación.

Este marco analítico, de carácter multivariable y comparativo, será aplicado en la sección siguiente para analizar de forma específica cómo la inteligencia artificial ha impactado a los principales sectores productivos colombianos entre los años 2020 y 2024, y qué tipo de transformaciones laborales han surgido como resultado de dicha adopción tecnológica.

Sectores con Mayor Adopción de IA

La adopción de tecnologías de inteligencia artificial en Colombia ha generado un conjunto de transformaciones significativas en diversos sectores económicos. Aunque su implementación ha sido desigual entre ramas de actividad, existen sectores donde el impacto ha sido más profundo, tanto en términos organizacionales como en el ámbito laboral. Esta sección analiza cinco sectores estratégicos que concentran gran parte del empleo formal y que han sido señalados por estudios como los del CONPES 4144 (DNP, 2023), Fedesarrollo (2024) y el BID (2023) como los más propensos a la automatización y transformación digital. Los sectores analizados son: comercio y retail, manufactura, servicios financieros, salud y construcción.

Para facilitar la comparación y sistematización, a continuación, se presenta una tabla resumen que clasifica estos sectores según su nivel estimado de adopción de IA, los principales cambios laborales observados, los perfiles ocupacionales desplazados y los perfiles emergentes en el nuevo entorno tecnológico:

Caracterización sectorial de la adopción de IA en Colombia (2020–2024)

Sector	Nivel de adopción de IA (estimado)	Cambios laborales principales	Perfiles desplazados	Perfiles emergentes
Comercio y retail	Alto (48–60%)	Automatización de ventas y servicio al cliente, eliminación de funciones operativas	Cajeros, vendedores de mostrador, agentes de call center	Especialistas en comercio digital, analistas de datos de clientes
Manufactura	Moderado (30–40%)	Transición de operarios manuales a técnicos en automatización, menor empleo en líneas tradicionales	Operarios de línea, técnicos en maquinaria convencional	Técnicos en robótica, programadores de control numérico
Servicios financieros y banca	Muy alto (60–70%)	Sustitución de tareas administrativas, aumento en analistas de datos y desarrolladores	Asistentes contables, tramitadores, ejecutivos de atención básica	Ingenieros de datos, desarrolladores de IA financiera
Salud	Moderado (40–50%)	IA en diagnóstico y gestión hospitalaria, integración hombre-máquina en áreas clínicas	Auxiliares administrativos, digitadores de datos médicos	Bioinformáticos, técnicos en imágenes diagnósticas asistidas por IA
Construcción	Bajo (20–30%)	Inicio de uso de IA en diseño, modelado y seguridad; bajo impacto directo en empleo aún	Técnicos de planos tradicionales, operarios de supervisión manual	Diseñadores BIM, analistas de seguridad digital en obra

Ilustración 4 Caracterización sectorial de la adopción de IA en Colombia (2020–2024)

Fuente: Elaboración propia con base en DNP (2023), MinTIC (2023), Fedesarrollo (2024) y BID (2023).

Comercio y Retail

El sector comercial ha sido uno de los más rápidos en incorporar tecnologías de IA, especialmente en procesos relacionados con ventas, atención al cliente, logística y análisis de comportamiento del consumidor. La introducción de asistentes virtuales, sistemas de recomendación, cajas autoservicio y plataformas de análisis predictivo ha generado cambios significativos en los modelos de negocio y en la estructura ocupacional.

Estudios del Ministerio TIC (2023) estiman que más del 50 % de las empresas del comercio han implementado algún tipo de automatización basada en IA. Esto ha derivado en la eliminación progresiva de puestos como cajeros, agentes de call center o vendedores de mostrador. Al mismo tiempo, ha surgido una demanda creciente de especialistas en comercio electrónico, analistas de datos de consumo y diseñadores de experiencia de usuario.

Manufactura

En la manufactura, estos procesos han sido más graduales, pero no menos efectivos en términos de eficiencia y sustitución de mano de obra operativa. De hecho, medianas y grandes empresas comenzaron a asimilar sistemas de control numérico computarizado, sensores inteligentes y mantenimiento predictivo basado en la IA. De forma similar, el impacto se ha sentido al reducir la demanda de operarios de maquinaria tradicional y aumentar la de técnicos en automatización, robótica industrial y supervisores de sistemas inteligentes. Según el BID, en la manufacturera, el 35 % de las empresas en la industria han reportado algún nivel de integración de IA. A pesar de que esta cifra todavía es baja en comparación con los países desarrollados, el impacto laboral ha reconfigurado líneas de producción, incrementado los requerimientos técnicos y acelerado la transición hacia modelos de producción más flexible y digitalizado.

Servicios Financieros y Banca

Es uno de los sectores con mayor penetración y sofisticación de la IA. Las entidades financieras del mundo han desarrollado sistemas de AI que toman decisiones acerca de riesgo

crediticio, fraude, optimizan su operación contable y ofrecen asesoría automatizada a los clientes, los llamados chatbots financieros. De acuerdo con el CONPES 4144-C 2023 como mínimo el 70 % de las entidades financieras, bancarias y fintechs en Colombia emplean AI en alguna etapa de su proceso de atención o análisis de datos. Esto implicó una transformación radical del empleo: funciones de asistentes contables, tramitadores o asesores tradicionales fueron transferidas a sistemas inteligentes. También generó alta demanda de ingenieros de datos, analistas de sistemas financieros, desarrolladores de algoritmos de scoring, especialistas en ciberseguridad.

Salud

Otros sectores donde se está empezando a incorporar IA son la salud, en áreas como diagnóstico por imagen, gestión hospitalaria, historia clínica digital y pronóstico de enfermedades. Aunque lo ha hecho más lentamente que la mayoría, ya se están observando cambios estructurales, especialmente en las grandes instituciones y los entornos urbanos. Según la Organización Internacional de Trabajo – OIT en el 2024 es el 45 % de las clínicas privadas de Colombia ya usa IA para diagnóstico asistido en radiología o dermatología. Lo anterior ha venido generando desplazamiento de tareas en personal administrativo y técnico, como en el caso de digitadores de historia clínica, pero también ha abierto espacio para perfiles como los de expertos en bioinformática, análisis de imágenes médicas, y técnicos en tecnologías de salud digital. La IA en salud también ha mejorado la eficiencia de los sistemas, pero aún persisten desafíos éticos e integrativos con profesionales clínicos.

Construcción

La construcción es uno de los sectores con menor adopción de IA en Colombia, aunque existen indicios de cambio. Algunas empresas han comenzado a aplicar inteligencia artificial en áreas de modelado (BIM + IA), simulación estructural, monitoreo de seguridad en obra y

planificación de recursos. La transformación laboral ha sido más incipiente, aunque se prevé que en el mediano plazo el impacto sea mayor, sobre todo en tareas de planificación, seguridad y logística.

En términos laborales, todavía no se observan desplazamientos masivos, pero sí un inicio de transición en perfiles como diseñadores tradicionales o supervisores de campo, hacia roles más digitales como expertos en diseño asistido, analistas de seguridad en tiempo real, y gestores de datos constructivos. La baja adopción también se asocia a la fragmentación empresarial del sector (alto porcentaje de empresas pequeñas) y a la limitada formación digital de su fuerza laboral.

Comparativo entre Sectores

Con la caracterización anterior de cada uno de los sectores bajo estudio, se elaborará una tabla comparativa que contendrá los principales indicadores en torno a la adopción de IA y su efecto en el empleo. De esta manera, será posible observar de manera más ordenada cuales son las diferencias y similitudes entre los niveles de transformación tecnológica y ocupacional de cada uno de los cinco sectores.

Comparativo entre Sectores Según Impacto de la IA en el Empleo (2020–2024)

Sector	Nivel de adopción de IA	Tipo de transformación	Nivel ocupacional más impactado	Brechas principales
Comercio y retail	Alto (48–60 %)	Operativa y de atención al cliente	Operativo	Competencias digitales básicas, analítica de clientes
Manufactura	Moderado (30–40 %)	Técnica y de procesos productivos	Técnicos y operarios	Automatización industrial, mantenimiento predictivo, programación
Servicios financieros y banca	Muy alto (60–70 %)	Administrativa y analítica	Técnicos administrativos	Análisis de datos, ciberseguridad, desarrollo de IA
Salud	Moderado (40–50 %)	Diagnóstico y gestión clínica	Profesionales y técnicos en salud	Manejo de tecnologías médicas, bioinformática
Construcción	Bajo (20–30 %)	Inicial: diseño y seguridad digital	Técnicos de diseño	BIM, modelado digital, planificación asistida por IA

Ilustración 5 Comparativo entre sectores según impacto de la IA en el empleo (2020–2024)

Fuente: Elaboración propia con base en DNP (2023), Fedesarrollo (2024), MinTIC

(2023) y BID (2023).

El análisis comparativo de los sectores, por tanto, permite identificar dinámicas diferenciadas en la forma como la IA transforma el empleo. En primer lugar, el nivel de adopción de las tecnologías no determina por sí solo la profundidad del impacto sobre el mundo laboral. Así, el sector financiero y el de comercial, que lideran la adopción de IA, han experimentado transformaciones notables tanto en tareas como en perfiles ocupacionales. Al mismo tiempo, el análisis comparativo muestra que en la manufactura, con mayor adopción que el promedio general, el impacto ha sido más gradual pero sostenido, especialmente entre técnicos e ingenieros. En segundo lugar, los niveles ocupacionales más vulnerables a la automatización son los ocupacionalmente operativos y los técnicos cuyas tareas son rutinarias o predecibles. Tal

como lo demuestran sectores como el comercio, donde ya no es necesario el rol de cajero, vendedor de mostrador o agente de servicio, o manufactura, donde los operarios de maquinaria tradicional han dado paso a técnicos con formación en robótica y programación. Sin embargo, esta evolución no significa necesariamente la pérdida de los empleos, pero su reconfiguración. En todos los sectores existen perfiles que combinan conocimientos técnicos con habilidades digitales como el analista de datos, el desarrollador de soluciones inteligentes. Lo anterior sugiere que la IA no sustituye al trabajador, sino que remodela el trabajo que demanda capacitación continua.

En este sentido, también se evidencia una fuerte asimetría sectorial en términos de preparación estructural. Mientras el financiero y el comercial se apoyan en entornos altamente digitalizados, en los que la adopción de IA se traduce rápidamente en eficiencias operativas, el sector de la construcción y parte de la salud pública presentan atrasos en infraestructura tecnológica, formación de capacidades y claridad en las rutas de implementación. La dispersión sugiere la necesidad de políticas específicas por sector que consideren sus particularidades tecnológicas y humanas. Asimismo, la fragmentación por tamaño empresarial es otro elemento crítico. Las grandes empresas lideran la adopción de IA, mientras que las micro y pequeñas, sobre todo en manufactura y construcción, enfrentan barreras de costo, conocimiento y gestión del cambio. Esto puede conducir a un recrudecimiento de las desigualdades de productividad y competitividad entre organizaciones. Finalmente, aunque los sectores más tecnificados están generando empleo de calidad, el sector laboral no se está reconvirtiendo al ritmo necesario. Las brechas en habilidades digitales, pensamiento analítico, programación, análisis de datos y uso de plataformas digitales siguen siendo vastas. Esto plantea un desafío importante para el sistema educativo y de formación para trabajo, que debe adaptarse rápidamente para acompañar la transformación productiva sin excluir grupos vulnerables. En síntesis, la IA está comenzando a redefinir el trabajo sectorial en Colombia al revelar oportunidades de evolución, pero también

peligros de exclusión. En este sentido, desde la Ingeniería Industrial, el presente diagnóstico permite identificar áreas de intervención estratégica para el rediseño de procesos, la transición laboral y la integración tecnológica equilibrada.

Para identificar los sectores productivos colombianos más afectados por transformaciones laborales debido a la IA, se realizó un análisis exhaustivo de indicadores sectoriales provenientes de múltiples fuentes, asegurando la triangulación de datos. En primer lugar, se examinaron estadísticas de empleo del DANE (Gran Encuesta Integrada de Hogares) desagregadas por rama económica, comparando las variaciones en ocupación entre 2020 y 2024. Este análisis cuantitativo reveló tendencias significativas: sectores como manufactura, comercio al por menor, transporte y comunicaciones mostraron disminución o estancamiento neto en el número de empleados, mientras sectores ligados a la tecnología e información presentaron ligeros incrementos. Por ejemplo, la industria manufacturera tradicional redujo su participación en el empleo nacional, consistente con la introducción de mayor automatización en plantas fabriles; a la par, el sector de servicios de software y TI creció en aportes de empleo, aunque partiendo de una base pequeña (indicando creación de nichos de alta calificación).

Estos datos nacionales se triangularon con evidencia cualitativa y comparaciones internacionales para fortalecer la interpretación. Se revisaron informes de la OIT y la CEPAL que señalan a nivel latinoamericano qué sectores enfrentan mayor potencial de automatización: manufactura y agricultura por la mecanización de tareas físicas repetitivas, y servicios administrativos y de ventas por la adopción de sistemas de IA (como chatbots, cajeros automáticos, plataformas de comercio electrónico). De hecho, en Colombia, el 18% de los trabajadores en riesgo alto de automatización pertenece al sector servicios y 17% al sector comercio (ventas), confirmando que además de la manufactura, los servicios comerciales son un pilar crítico a observar. Asimismo, se consultaron estudios de caso empresariales (por ejemplo,

en grandes superficies de retail y en la banca) que reportan la introducción de IA para optimizar operaciones y la consecuente redefinición de roles humanos. Esto permitió identificar manifestaciones específicas: en la banca, la implementación de asistentes virtuales y banca móvil ha reducido la necesidad de cajeros tradicionales, mientras que en retail, la proliferación de cajas de autopago y la analítica predictiva de inventarios está transformando las funciones de cajeros y personal de almacén.

La triangulación de estas fuentes apunala los hallazgos clave del Objetivo 1. Se confirma que los sectores más impactados comparten ciertas características: alta proporción de tareas rutinarias, presión por eficiencia y disponibilidad de tecnologías maduras para automatizarlas. Por ejemplo, en el sector comercio minorista, las tareas de facturación, cobro y control de inventario son rutinarias y han sido asumidas crecientemente por sistemas POS inteligentes y robótica de almacén; ello explica la ralentización en el crecimiento de empleo de cajeros y bodegueros. En contraste, sectores como educación o salud –aunque están incorporando IA en ciertas funciones– no han visto reducciones significativas de empleo porque muchas de sus tareas núcleo son no rutinarias y requieren interacción humana (enseñanza, cuidado clínico), actuando la IA más como herramienta de apoyo. No obstante, incluso en estos sectores, surgen nuevas modalidades de trabajo (educación virtual con tutores IA, telemedicina asistida por algoritmos) que podrían cambiar la composición ocupacional en el futuro. En conclusión, el Objetivo 1 evidencia, con respaldo de datos, cuáles sectores colombianos vivieron las transformaciones más notorias por la IA hasta 2024: principalmente manufactura y sectores de servicios intensivos en transacciones rutinarias (comercio y financiero). Este diagnóstico sectorial sienta las bases para enfocar los objetivos siguientes en las consecuencias sobre habilidades y las respuestas estratégicas necesarias en dichas áreas críticas.

Análisis de Sectores Afectados por la IA (Objetivo 1)

Evolución del Empleo por Sector (2020–2024)

Utilizando datos oficiales del DANE (Gran Encuesta Integrada de Hogares), se compararon las variaciones en ocupación por rama económica entre mayo de 2023 y mayo de 2024. Se observa que las industrias manufactureras registraron una caída significativa: de 2.501 mil ocupados en mayo 2023 a 2.379 mil en mayo 2024 (–122 mil empleos). De manera similar, el sector construcción descendió de 1.592 mil a 1.551 mil ocupados (–42 mil). En contraste, ramas vinculadas a servicios y tecnología crecieron: por ejemplo, información y comunicaciones pasó de 390 mil a 431 mil ocupados (+41 mil), y comercio (venta y reparación de vehículos) aumentó de 3.993 mil a 4.118 mil (+125 mil). Estos datos cuantitativos sugieren que los sectores con tareas más rutinarias (manufactura, construcción) han perdido trabajadores, mientras que los servicios digitales y comerciales han ganado empleo.

- Industria manufacturera: –122 mil ocupados (de 2.501 a 2.379 mil).
- Comercio y reparación de vehículos: +125 mil (de 3.993 a 4.118 mil).
- Construcción: –42 mil (de 1.592 a 1.551 mil).
- Información y comunicaciones: +41 mil (de 390 a 431 mil).

Sectores de Alto impacto de Automatización

Los informes sectoriales coinciden en que los sectores más impactados son los de tareas repetitivas. Fedesarrollo (2024) estima que el 58 % de los empleos en Colombia tienen alta probabilidad de automatizarse. Este riesgo se concentra en sectores como servicios (18 % de los trabajadores en riesgo), comercio y ventas (17 %) y agricultura (16 %). En el escenario laboral, esto significa que empleos administrativos, operativos o de atención al cliente están más expuestos a la IA, mientras que los roles técnicos o creativos son menos vulnerables. Por

ejemplo, la evidencia cuantitativa muestra cómo el comercio minorista (cajeros, vendedores) y la manufactura (operarios de línea) han estancado o perdido empleos, en línea con el alto riesgo de automatización reportado.

- Servicios: 18 % de los trabajadores con riesgo de automatización.
- Comercio y ventas: 17 % de los trabajadores en riesgo.
- Agricultura: 16 % de riesgo de automatización.

Triangulación de Evidencia y Tendencias Observadas

La combinación de fuentes cuantitativas y cualitativas refuerza el análisis. A nivel internacional, informes de la OIT y la CEPAL también señalan que la manufactura tradicional y los servicios administrativos/comerciales son los más susceptibles a la automatización. En Colombia, estudios de caso sectoriales (por ejemplo, grandes cadenas de retail y la banca) documentan cómo la introducción de chatbots, sistemas de cobro automático y analítica predictiva ha sustituido tareas rutinarias: cajeros de bancos y tiendas, agentes de call center, digitadores de datos, etc. Esto se refleja en los datos nacionales: sectores con alta penetración de IA muestran desplazamiento de empleos rutinarios, mientras aumentan los perfiles especializados (ingenieros de datos, desarrolladores, analistas).

De este modo, los indicadores cuantitativos confirman que las ramas con mayor adopción tecnológica (financiero, telecomunicaciones, software) han crecido en empleo o se han mantenido, mientras las más manuales han perdido plazas. En resumen, el análisis cuantitativo del Objetivo 1 identifica que manufactura y sectores de servicios intensivos en transacciones rutinarias (comercio, servicios financieros) han sufrido las transformaciones más notorias en el periodo 2020–2024, consistente con su alta exposición al riesgo de automatización.

Desarrollo del Objetivo Específico 2

Identificar los cambios en la demanda de habilidades laborales, clasificando perfiles emergentes y desplazados con base en datos sectoriales y ocupacionales.

Introducción al Objetivo

Entre 2020 y 2024, la adopción acelerada de tecnologías basadas en inteligencia artificial ha cambiado ostensiblemente los requerimientos de capital humano en los sectores productivos de Colombia. Este cambio no ha sido solamente la sustitución de labores meramente mecánicas o repetitivas, sino que ha variado en la estructura misma del trabajo, creación de nuevos perfiles laborales y modificaciones en las habilidades para entrar y mantenerse en el mercado laboral (CEPAL, 2023; DANE, 2024). Específicamente, las habilidades laborales tradicionales han perdido relevancia frente a un conjunto de habilidades emergentes en la economía digital. Las compañías no solo buscan trabajadores con habilidades técnicas operativas, sino más bien individuos que trabajen en asociación con herramientas inteligentes, que interpreten datos, automaticen tareas y sean capaces de tomar decisiones fundamentadas en tecnologías avanzadas (BID, 2023; OIT, 2023).

Mientras tanto, las ocupaciones que no han cambiado o cuyas tareas puedan automatizarse fácilmente se han eliminado, especialmente en los sectores del comercio, manufactura y servicios financieros (Fedesarrollo, 2024; MinTrabajo, 2023). Este objetivo es relevante debido a la necesidad de estudiar cómo ha cambiado la demanda de habilidades en Colombia con la introducción de la IA y cómo esta situación ha resultado en la creación de nuevos impactos laborales, así como la obsolescencia de otras. Como se mencionó antes, además de tener una perspectiva técnica y cuantitativa, este análisis se orienta a evaluar estas brechas de capacidades y aportar a la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales sostenibles.

La comprensión del comportamiento de las habilidades de trabajo y su mutación, a partir de la Ingeniería Industrial, es fundamental para mejorar los procesos de selección, capacitación y diseño del trabajo en organizaciones en constante cambio (Silva & López, 2022). En consecuencia, hace falta revisar en este capítulo los marcos conceptuales sobre habilidades y clasificaciones, así como las pruebas empíricas de la evolución de los impactos laborales nacientes y relegados.

Definición y Criterios de las Variables Analizadas:

- **Variable Conceptual:** *Transformación de habilidades laborales*, entendida como la modificación en los requerimientos de conocimiento, capacidades técnicas, blandas y digitales exigidas para desempeñar roles productivos.
- **Definición Operacional:** Se medirá con base en:
 - Clasificación de ocupaciones y habilidades según la metodología ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations).
 - Matriz de habilidades del DANE y los reportes de brechas de capital humano publicados por MinTrabajo y Fedesarrollo.
 - Análisis de oferta y demanda de talento digital y técnico en plataformas laborales y encuestas empresariales.
 - Identificación de habilidades emergentes (como programación, análisis de datos, automatización, pensamiento computacional) y habilidades en obsolescencia (como digitación, tareas manuales repetitivas, roles administrativos rutinarios).

Marco Conceptual sobre Habilidades Laborales

Las habilidades laborales pueden entenderse como el conjunto de conocimientos, destrezas, actitudes y comportamientos que permiten a una persona desempeñar funciones productivas en un contexto organizacional. La literatura distingue comúnmente entre habilidades técnicas (hard skills), como el dominio de herramientas específicas o lenguajes de programación, y habilidades blandas (soft skills), como la comunicación, el pensamiento crítico, el liderazgo y la adaptabilidad (Cano & García, 2022).

Con el avance de la automatización, se ha producido una recomposición del valor relativo de estas habilidades. Mientras que muchas tareas técnicas pueden ser ejecutadas por sistemas inteligentes, las habilidades blandas han adquirido una nueva centralidad al ser consideradas menos susceptibles de automatización (OCDE, 2021). Al mismo tiempo, han emergido nuevas hard skills asociadas al entorno digital: programación, ciencia de datos, ciberseguridad, inteligencia artificial aplicada, entre otras.

Para estudiar estos cambios, se han desarrollado marcos de clasificación ocupacional y de habilidades ampliamente utilizados, entre ellos:

- **CNO – Clasificador Nacional de Ocupaciones (Colombia)**: instrumento oficial que agrupa ocupaciones según tareas y niveles de cualificación.
- **ESCO – European Skills, Competences and Occupations**: marco europeo que categoriza habilidades transversales y sectoriales, asociadas a perfiles profesionales.
- **O*NET (EE. UU.)**: base de datos ocupacional que incluye información sobre requerimientos de habilidades, conocimientos y capacidades de cada ocupación.

Con estos marcos, es posible evaluar los marcos formativos para determinar su adecuación con las necesidades laborales. Bajo a dicha óptica, se introdujo un marco adicional: el de desajuste de habilidades. Como el nombre lo indica, se refiere a la diferencia entre el conjunto

de habilidades adquiridas por los trabajadores y el conjunto de habilidades requerido por los empleadores. El desajuste puede ser en términos verticales: subcalificación o sobrecalificación; y desajuste horizontal, cuya característica es que la educación del individuo difiere de la requerida. Este fenómeno es particularmente crítico en economías como la colombiana, en donde el sistema educativo no es del todo ágil para adaptarse a los cambios tecnológicos: En este contexto, dos conceptos han adquirido protagonismo en la discusión actual: reskilling, o reentrenar al individuo para un propósito completamente distinto y upskilling, capacitación adicional. Ambos procesos son críticos para la adaptación de los trabajadores a la IA: el trabajador colombiano no puede adaptarse sin ser reentrenado ni mejorando sus habilidades. Desde la Ingeniería Industrial, esto se puede operacionalizar a través de: matrices de competencias, capital humano y generación de transiciones de ocupacionales. Estos permiten estructurar el reentrenamiento eficiente alineado a los objetivos de las organizaciones. En resumen, el marco que es clave para desarrollar el análisis sectorial y ocupacional de esta sección debe incluir.

Perfiles Laborales Desplazados y Emergentes

Entre los múltiples impactos de la mayor transformación digital entre 2020 y 2024 en Colombia, resalta especialmente el desplazamiento de ciertos perfiles laborales tradicionales y la creación de nuevas ocupaciones vinculadas al ecosistema digital. Esta dinámica se evidencia por la mutación del actual mercado de trabajo en función de lógicas diferentes a las tradicionales, con una estabilidad sectorial y un conjunto acumulado de experiencia humana como garantía de empleabilidad. Según la OIT, “se han reducido las tareas y ocupaciones que implican actividades repetitivas en el tiempo, físicas y rutinarias, mientras que crecen en demanda las tareas vinculadas tecnológicamente y crean tareas de gestión de datos y de creación”. Para reconstruir las rutas de reconversión es necesario clasificar y contrastar los anteriores.

Clasificación y Análisis Comparativo de Perfiles

A continuación, se presenta una tabla que sintetiza los principales perfiles desplazados y emergentes, organizados según su nivel ocupacional (operativo, técnico, profesional).

Nivel ocupacional	Perfiles desplazados	Causas del desplazamiento	Perfiles emergentes	Nuevas competencias requeridas
Operativo	Cajero de tienda física Digitador Auxiliar de archivo	Automatización de ventas OCR y gestión documental digital	Auxiliar de operaciones logísticas con RPA Agente de soporte remoto	Manejo de plataformas digitales Competencias digitales básicas
Técnico	Técnico en maquinaria manual Asistente contable tradicional	Sustitución por software contable Mantenimiento predictivo	Técnico en mantenimiento digital Analista de procesos con IA	Análisis de datos Software de gestión ERP Internet industrial (IIoT)
Profesional	Asesor financiero presencial Diseñador gráfico tradicional	Plataformas de asesoría automática Automatización del diseño	Especialista en ciencia de datos Diseñador UX/UI	Programación básica (Python, R) Modelado de datos Diseño centrado en usuario

Ilustración 6 Clasificación y análisis comparativo de perfiles

Transformaciones Clave

1. *Del trabajo Físico al Trabajo Digital.*

Se observa una clara tendencia de transición desde labores físicas u operativas hacia roles que requieren interacción con sistemas informáticos. Esta transformación no significa necesariamente pérdida neta de empleo, sino un redireccionamiento de los perfiles más demandados.

2. *Del Conocimiento Estático al Aprendizaje Continuo*

Muchos de los perfiles emergentes no existían formalmente en 2015. Esto indica que el mercado requiere hoy más que nunca profesionales que se formen de manera continua, adaptándose a los avances tecnológicos. La ingeniería industrial, con su enfoque integral en procesos y tecnologías, juega un papel fundamental como campo formador y articulador.

3. De la Presencia Física al Trabajo Remoto y Automatizado

La expansión del teletrabajo y los modelos híbridos, impulsados por la pandemia y acelerados por la IA, ha derivado en nuevas demandas laborales que privilegian la autonomía, la gestión remota y el dominio de herramientas de colaboración digital.

El análisis correspondiente al Objetivo 2 se enfoca en caracterizar los cambios en la demanda de habilidades laborales, haciendo especial énfasis en sectores de comercio (retail), dado que representan una porción importante del empleo urbano en Colombia y exhiben transformaciones notables ante la IA. De acuerdo con los hallazgos del objetivo previo, el comercio minorista figura entre los sectores con alta exposición: Fedesarrollo documenta que 17% de los trabajadores colombianos en riesgo de automatización provienen de comercio y ventas. Este sector ha visto proliferar tecnologías como cajas de autopago, comercio electrónico con recomendadores inteligentes, y sistemas de gestión de inventario automatizados, lo que ha reducido la necesidad de ciertas labores tradicionales (vendedores de mostrador, cajeros, auxiliares de bodega) al tiempo que ha creado demanda de perfiles emergentes: especialistas en comercio electrónico, analistas de datos de mercado, coordinadores de logística apoyados en IA, entre otros.

Profundizando en comercio/retail: Antes de la masificación de IA, las competencias predominantes en retail incluían atención al cliente presencial, manejo de caja registradora y control manual de stock. Hoy, esas mismas tiendas requieren personal con alfabetización digital básica (manejo de sistemas de punto de venta avanzados) e incluso con nociones de analítica

(interpretar reportes de ventas generados por AI). No obstante, muchos trabajadores actuales del comercio poseen solo educación secundaria y entrenamiento operativo, lo que genera una brecha de competencias evidente: las habilidades tecnológicas demandadas superan a las ofrecidas. Un indicador de esta brecha es la baja proporción de empleados del sector con formación en TIC – según el Ministerio de Tecnologías (MinTIC), menos del 20% del personal en pymes comerciales había recibido capacitación digital para 2023 (dato hipotético a modo ilustrativo)–.

Consecuentemente, las empresas retail reportan dificultades para cubrir puestos como gestores de canales en línea o analistas de datos de clientes, debiendo invertir en capacitación desde cero. La tabla de brechas de competencias incluida en este capítulo resume estas disparidades sectoriales: en el comercio detallista, por ejemplo, se identifica un déficit en *habilidades digitales básicas* (ofimática, uso de software de ventas), *competencias en análisis de datos* y *conocimientos en logística automatizada*. Mientras tanto, habilidades tradicionales como manejo de efectivo o inventario físico están perdiendo relevancia. Sustentando estos puntos, organismos internacionales señalan que aproximadamente la mitad de los empleos que podrían beneficiarse de IA en Latinoamérica no logran ganar productividad por brechas en acceso digital e infraestructura – traducido al caso colombiano, significa que aun donde hay potencial de mejorar operaciones con IA (p. ej. comercios que podrían implementar ventas en línea o sistemas inteligentes), la falta de personal capacitado y de infraestructura adecuada impide aprovechar plenamente la tecnología.

En cuanto a perfiles emergentes y desplazados en comercio/retail, la investigación identificó patrones claros. Los *perfiles desplazados* incluyen: cajeros y empacadores (sustituidos por kioscos de autoservicio), vendedores de piso sin especialización (menos demandados por crecimiento del e-commerce), y auxiliares de inventario (reemplazados en parte por sensores IoT y softwares de tracking). Por otro lado, los *perfiles emergentes* abarcan: especialistas en comercio

electrónico (gestión de plataformas en línea, marketing digital), analistas de datos de venta (que interpretan patrones de compra y personalizan ofertas con ayuda de IA) y gerentes de experiencia omnicanal (diseñan la integración tienda física-digital apoyándose en herramientas inteligentes). Cabe destacar que muchos de estos roles emergentes requieren niveles educativos superiores (título profesional o técnico) y dominios nuevos, lo que profundiza la brecha respecto al perfil promedio actual del trabajador retail. La tabla de brechas presentada en el documento original se apoya en fuentes como la *Encuesta de Talento Humano* y reportes de consultoras de gestión, para cuantificar por ejemplo la brecha de conocimiento en análisis de datos: se estima que menos del 10% de los empleados en comercio poseen habilidades analíticas avanzadas, pese a que el 40% de las empresas del sector declara la analítica de datos como competencia crítica a corto plazo

Brechas de Competencias y Desajuste en Colombia

La rápida adopción tecnológica de 2020 a 2024 ha revelado una profunda disonancia entre la oferta de competencias laborales y la demanda del mercado. Conocido como skills mismatch, esta situación no solo genera desempleo estructural, sino también subempleo y desempleo productivo. Según OIT y MinTIC, las brechas de competencias en Colombia afectan a la juventud y a la mediana y mayor edad, si bien de forma diferenciada. La siguiente tabla presenta

este análisis según el grupo etario, en función de los niveles de competencia y los requerimientos de reskilling:

Grupo etario	Competencias técnicas	Competencias digitales	Soft skills (liderazgo, adaptabilidad)	Requerimiento de reskilling (%)
18-25 años	Media	Alta	Media	45%
26-35 años	Alta	Alta	Alta	35%
36-45 años	Media	Media	Alta	50%
46-55 años	Baja	Baja	Media	60%
56+ años	Muy baja	Muy baja	Media	70%

Ilustración 7 Brechas de competencias y desajuste en Colombia

En síntesis, el Objetivo 2 resalta que el sector comercio y retail enfrenta una doble transición: tecnológica y de capital humano. La IA está reconfigurando los roles laborales, eliminando gradualmente funciones operativas y creando demanda en funciones digitales. Sin embargo, la fuerza laboral no se transforma al mismo ritmo, generándose brechas que pueden limitar la competitividad del sector y el bienestar de los trabajadores. Este análisis justifica la urgencia de intervenciones (formación, certificación de nuevas competencias, reconversión laboral) específicamente orientadas a comercio/retail, que se detallan en el siguiente objetivo.

Solo cerrando las brechas de habilidades identificadas –lo cual implica mejorar la capacitación tecnológica de trabajadores existentes e incorporar talento joven calificado– podrá este sector mitigar el desplazamiento laboral y aprovechar las eficiencias que la IA ofrece en la atención al cliente y gestión comercial.

Recomendaciones para la Ingeniería Industrial en la Reconversión Laboral

LA carrera de Ingeniería Industrial en Colombia tiene la oportunidad de jugar un rol estratégico en el diseño e implementación de soluciones sostenibles para la reconversión laboral.

Desde una perspectiva disciplinar, identifiqué las siguientes áreas de acción prioritaria:

a) Diseño de sistemas de formación adaptable: el ingeniero industrial puede liderar el diseño de plataformas de formación continua a través de la creación de rutas de formación personalizada, apoyadas en tecnologías como los LMS, el análisis de desempeño basado en inteligencia artificial y las metodologías ágiles de aprendizaje como los microlearning y bootcamps.

b) Optimización de procesos de reskilling : el uso de herramientas como la simulación virtual, el mapeo de procesos y análisis de brechas permiten modelar procesos de formación costo eficientes relacionados con la realidad de las industrias. Por ejemplo, la identificación de —cuellos de botella formativos— en sectores manufactureros o de logística puede orientar las inversiones públicas y privadas.

c) Integración con políticas públicas y empresariales: formular políticas de datos en talento humano a partir de Cuadros de mando integral, indicadores de reconversión, evaluación de impacto y análisis costo beneficio de programas de formación

d) Gestión de cambio organizacional: como se detalla, el profesional también puede contribuir en la gestión de cambio organizacional y cultural, clave para la adopción exitosa de tecnologías disruptivas.

Desarrollo Objetivo 3

Identificación de Sectores Críticos por Automatización en Colombia

Durante el periodo 2020–2024, múltiples estudios internacionales han advertido sobre el impacto diferencial de la automatización en los sectores económicos. Según *McKinsey Global*

Institute (2021), aproximadamente el 60 % de las ocupaciones podrían automatizar al menos un 30 % de sus actividades. En Colombia, el Foro Económico Mundial (2023), la OIT (2024) y el DANE han identificado sectores con alto riesgo de sustitución de mano de obra por inteligencia artificial (IA) y robótica avanzada.

Sector	Nivel de automatización proyectado (2025)	Empleos en riesgo (%)	Características de riesgo
Manufactura	Alto	55–65 %	Procesos repetitivos, tareas físicas y predictibilidad elevada.
Servicios BPO / Call centers	Muy alto	60–75 %	Reemplazo de atención básica por chatbots y RPA.
Transporte y logística	Alto	50–60 %	Conducción automatizada, almacenes inteligentes.
Comercio minorista	Medio-alto	40–50 %	Cajas automáticas, IA en ventas y análisis de comportamiento.
Agroindustria	Medio	30–45 %	Mecanización, sensores de cultivo, drones agrícolas.

Ilustración 8 Identificación de sectores críticos por automatización en Colombia

La manufactura y los servicios tercerizados (BPO) figuran como los más expuestos, debido a su alta proporción de actividades rutinarias. Sin embargo, el comercio y el sector agroindustrial también presentan vulnerabilidades crecientes a medida que se digitalizan los canales de venta, distribución y producción.

De acuerdo con el *Índice de Preparación para el Futuro del Trabajo* (WEF, 2022), Colombia se encuentra en una fase media de alistamiento institucional y tecnológico, lo que significa que la transición laboral dependerá no solo del avance de la automatización, sino también de la capacidad para adaptar la fuerza de trabajo a nuevos entornos.

Diagnóstico de Impactos Diferenciados por Nivel Ocupacional

El riesgo de automatización no afecta por igual a todos los trabajadores. Existe una relación directa entre el tipo de tarea desempeñada, el nivel de educación/formación y la vulnerabilidad frente a la sustitución tecnológica. A continuación, se presenta una segmentación del impacto en Colombia por nivel ocupacional:

Nivel ocupacional	Tipo de tareas	Ejemplos de cargos	Riesgo de automatización
Operativo	Repetitivas, físicas, estructuradas	Operario de línea, auxiliar logístico	Muy alto
Técnico	Semi-estructuradas, supervisión intermedia	Técnico en redes, técnico mecánico	Alto
Administrativo	Procesamiento de datos, atención rutinaria	Auxiliar contable, recepcionista	Alto
Profesional	Análisis, toma de decisiones, creatividad	Ingeniero, diseñador, analista de datos	Medio
Directivo	Planeación estratégica, liderazgo	Gerente, coordinador de área	Bajo

Ilustración 9 Diagnóstico de impactos diferenciados por nivel ocupacional

Análisis Cualitativo:

- Operativos: los más vulnerables debido al bajo nivel de autonomía en sus funciones. La robotización de líneas de producción y los almacenes automáticos han comenzado a sustituir muchas de sus labores.
- Técnicos y administrativos: Aunque sus tareas implican cierto grado de análisis, son rutinarias y estructuradas y pueden ser reemplazadas por sistemas RPA.
- Profesionales y directivos: Si bien presentan menor riesgo, no están exentos. La IA generativa ha comenzado a impactar incluso en tareas de análisis e ingeniería básica.
- El reciente estudio de Fedesarrollo(2023) reveló que más del 45 % de los puestos administrativos en empresas medianas del país han sido automatizados parcial o

totalmente en los últimos 5 años. Este hallazgo muestra que la amenaza es real y transversal, aunque varía en intensidad según el nivel ocupacional.

Para encarar las brechas y desafíos identificados, se proponen estrategias integrales de transición laboral apoyadas en la Ingeniería Industrial. Cada estrategia se delineó considerando su viabilidad en el contexto colombiano y se asoció con indicadores de sostenibilidad para medir su impacto a mediano y largo plazo:

1. Programas masivos de re-skilling y up-skilling: Lanzar iniciativas nacionales de formación y reconversión laboral que capaciten a los trabajadores cuyas tareas están siendo automatizadas, dotándolos de habilidades digitales y transferibles. Un ejemplo concreto es la nueva alianza *Senatec* liderada por MinTIC, SENA y OIT, la cual busca formar a 303.000 colombianos en programación, Inteligencia Artificial y análisis de datos al 2026, con una inversión de 430.000 millones de pesos. Estos programas deben focalizarse en sectores críticos (como manufactura y comercio) y en poblaciones vulnerables (trabajadores mayores de 40 años, mujeres cabeza de familia, etc.). *Indicador de sostenibilidad*: número de egresados reentrenados que logran reubicación laboral en roles emergentes dentro de 6 meses (tasa de reinserción $\geq 60\%$) y porcentaje de empresas que reportan disminución en vacantes críticas de TI tras participar en estos programas.
2. Fomento al modelo de *aprendizaje permanente* (lifelong learning): Establecer incentivos para que trabajadores y empresas adopten una cultura de aprendizaje continuo frente a la evolución tecnológica. Esto incluye otorgar créditos tributarios o subvenciones a empresas que inviertan en la capacitación continua de su personal en IA, automatización y competencias blandas complementarias. Para los trabajadores, se propone crear rutas flexibles de certificación (micro credenciales, bootcamps nocturnos o de fines de semana) que permitan actualizarse sin dejar el empleo. *Indicador de sostenibilidad*: cantidad de

micro credenciales otorgadas anualmente en habilidades relacionadas con IA; y en el ámbito empresarial, el porcentaje de presupuesto de nómina dedicado a formación, con meta de aumento anual (ej. pasar de 0.5% a 2% en tres años).

3. Rediseño de puestos y promoción de la complementariedad humano-IA: Desde la Ingeniería Industrial, aplicar estudios de tiempos y movimientos en procesos automatizados para identificar dónde la intervención humana agrega mayor valor junto a la IA. Con base en ello, redefinir descripciones de cargos enfatizando las tareas no automatizables (por ejemplo, servicio al cliente empático, supervisión de calidad, toma de decisiones éticas) y asignando a las máquinas las tareas rutinarias. Esta estrategia requiere involucrar a los trabajadores en el rediseño, adoptando principios sociotécnicos para minimizar la resistencia al cambio. *Indicador de sostenibilidad:* mejoras en productividad sin detrimento del bienestar – por ejemplo, medir la reducción en carga de trabajo monótono (horas de tareas repetitivas por empleado, que deberían bajar) a la par de mejoría en indicadores de satisfacción laboral (que deberían subir o al menos mantenerse, según encuestas internas), lo cual indicaría una integración exitosa.
4. Fortalecimiento de la infraestructura digital y acceso equitativo a la tecnología: Garantizar que las empresas de todos los tamaños y regiones puedan acceder a las herramientas de IA y automatización. Para ello, el Estado en alianza con el sector privado debe invertir en ampliar la conectividad de banda ancha, plataformas de computación en la nube asequibles y soluciones de IA de código abierto o bajo costo enfocadas en pymes. Sin infraestructura y acceso, incluso los trabajadores capacitados no podrán aplicar sus nuevas habilidades. *Indicador de sostenibilidad:* porcentaje de pymes (especialmente en comercio y manufactura) que incorporan al menos una solución digital o de IA en sus operaciones, esperando un aumento anual significativo tras la implementación de este

apoyo (por ejemplo, de 10% a 30% en 4 años a nivel nacional). Complementariamente, brecha urbano-rural en adopción digital (medida por empresas conectadas a internet y usando automatización) debería reducirse sustancialmente.

5. Creación de un Observatorio de Impacto Tecnológico Laboral: Institucionalizar un organismo permanente (multisectorial) encargado de monitorear el avance de la automatización y la IA en el mercado laboral colombiano. Este observatorio recopilaría datos periódicos sobre desplazamiento de empleos, surgimiento de nuevas profesiones, necesidades de habilidades y efectividad de políticas de reentrenamiento. Sus informes servirían para ajustar dinámicamente las estrategias. *Indicador de sostenibilidad:* publicación anual de informes con recomendaciones implementadas por el gobierno; número de alertas tempranas emitidas (por ejemplo, identificando ocupaciones en declive acelerado) que deriven en acciones concretas (nuevos programas de formación, etc.).

Cada una de estas estrategias está concebida para ser sostenible en el tiempo, es decir, generar mecanismos de adaptación continua más allá de esfuerzos puntuales. Por ejemplo, los programas de re-skilling deberán actualizar sus currículos constantemente conforme evolucionen las tecnologías (IA generativa, nuevas herramientas de automatización); el fomento al aprendizaje permanente busca un cambio cultural duradero; y el observatorio proveerá insumos para políticas de largo plazo. En conjunto, se espera que estas acciones mitiguen los efectos negativos de la IA (desempleo, inequidad laboral) y maximicen sus beneficios (productividad, nuevos empleos de calidad). La presencia de indicadores asociados permitirá evaluar año a año el progreso: si las brechas de competencias disminuyen, si la empleabilidad de los trabajadores reentrenados se mantiene alta y si las empresas mejoran su competitividad integrando a su talento humano con nuevas tecnologías. Dicho seguimiento es crucial para garantizar la sostenibilidad de la transición: el objetivo no es solo reaccionar a la disrupción tecnológica, sino construir una

fuerza laboral resiliente y un entorno de trabajo adaptable que perdure frente a futuras innovaciones.

Propuestas de Estrategias desde la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial, al ser una disciplina que integra procesos, tecnología y capital humano, está en una posición privilegiada para liderar estrategias de sostenibilidad laboral frente a la automatización. Las siguientes estrategias se enmarcan en un enfoque técnico-humanista que busca compatibilizar productividad con inclusión:

a) Implementación de Modelos Colaborativos Humano-Máquina

- Introducción de *cobots* (robots colaborativos) que asistan y no reemplacen al trabajador en tareas de montaje, inspección o carga.
- Reconfiguración de estaciones de trabajo para fomentar la participación humana en tareas de supervisión, control de calidad o mejora continua.
- Programas de ergonomía y seguridad adaptados a la interacción con sistemas automatizados.

b) Reingeniería de Procesos con Enfoque en el Capital Humano

- Uso de metodologías como *Lean Manufacturing 4.0* para detectar cuellos de botella donde se pueda priorizar la intervención humana en lugar de automatizar.
- Incorporación de *mapas de competencias* y *análisis de valor agregado por tarea* para conservar roles críticos.
- Rediseño de turnos y cargas laborales para maximizar la eficiencia sin exclusión laboral.

c) Desarrollo de Rutas de Formación y Reskilling

- Planificación de rutas formativas según análisis ocupacional interno (herramientas como O*NET, ESCO o DANE).

- Alianzas con el SENA, universidades y plataformas tecnológicas para reconvertir operarios y administrativos en perfiles de analistas, supervisores o mantenedores de tecnología.
- Diseño de indicadores de seguimiento y mejora de aprendizaje continuo (upskilling/reskilling).

d) Inclusión de Indicadores de Sostenibilidad Laboral

- Evaluación de impacto no solo en productividad, sino también en empleabilidad, satisfacción laboral, inclusión y estabilidad.
- Integración de KPIs híbridos: productividad por puesto + permanencia laboral + índice de rotación.
- Uso de tableros de control operativos que alerten sobre desequilibrios entre automatización y pérdida de talento humano.

Estas estrategias deben desarrollarse como parte de un plan de transición tecnológica gradual, liderado por equipos interdisciplinarios donde el ingeniero industrial actúe como facilitador entre los intereses organizacionales y los derechos laborales.

Estrategias por Tipo de Sector

La implementación de estrategias debe adaptarse al contexto específico de cada sector económico.

Sector	Estrategias clave desde la Ingeniería Industrial
Manufactura	- Introducción de cobots en líneas repetitivas - TPM con enfoque humano - Capacitación en control de calidad y mantenimiento
Call centers / BPO	- Automatización solo de tareas simples (FAQs) - Formación en atención multicanal y análisis de datos - Roles supervisores híbridos
Logística y transporte	- Sistemas mixtos: vehículos con asistencia humana - Formación en trazabilidad, IoT y gestión de almacenes - Modelos lean-logísticos
Agroindustria	- Capacitación en sensores agrícolas, manejo de drones - Rotación planificada hombre-máquina en cosecha - Mantenimiento predictivo
Comercio	- Formación en ventas digitales y visual merchandising - Reconfiguración de funciones con CRM e IA - Programas de reconversión rápida

Ilustración 10 Estrategias por tipo de sector

Análisis de Viabilidad:

- En manufactura y agroindustria, la combinación de tecnología intermedia (automatización parcial) y rediseño de roles ha mostrado buenos resultados en empresas como Alpina, Nutresa y Postobón.
- En BPO y retail, la capacitación rápida en habilidades digitales tiene alta efectividad si se estructura en ciclos cortos y certificados.
- El mayor desafío está en sectores informales o microempresas, donde la falta de capital y asesoría técnica impide implementar estas estrategias sin intervención estatal o alianzas estratégicas.

Evaluación de la Sostenibilidad Organizacional en la Transición Tecnológica

La sostenibilidad organizacional, en el caso de la automatización e inteligencia artificial, abarca desde la operación eficiente hasta la capacidad de adaptación al cambio, la resiliencia laboral y el impacto social a largo plazo. Un marco multidimensional para evaluar esta forma de sostenibilidad puede encontrarse en tres pilares. Indicadores técnicos de transición: progreso en % de automatización exitosa de tareas sin interrupciones operativas.

- Tiempos de adaptación a nuevas tecnologías.
- Índice de retorno de la inversión en tecnología por unidad productiva.
- Indicadores humanos y organizacionales: desde la satisfacción del empleado hasta los procesos de retención de talento.
- Índice de retención de talento para los procesos de transformación digital.
- Niveles de satisfacción en el trabajo durante la implementación de IA.

Porcentaje de empleados beneficiados con reskilling/upskilling. Indicadores de sostenibilidad social: más allá de la vida laboral, el cambio tecnológico tiene un impacto directo en la estructura de empleo y cuán sostenible es en comparación. La brecha de empleabilidad educativa antes y después de la automatización. Poblaciones vulnerables Comprendidas entre los 18 y 50 años y % de mujeres empleadas en nuevos perfiles. Impacto neto en la proporción de empleo formal e informal.

Dimensión	Indicador clave	Instrumento de medición
Técnica	ROI tecnológico	Análisis costo-beneficio
Humana	Índice de rotación laboral	Reporte RRHH / encuestas de salida
Organizacional	Participación en formación interna	Sistemas LMS / certificaciones
Social	Variación del empleo formal en áreas automatizadas	Datos del DANE / encuesta estructural del empleo
Ética y reputacional	Nivel de aceptación social de los cambios tecnológicos	Encuestas internas y externas

Ilustración 11 Evaluación de la sostenibilidad organizacional en la transición tecnológica

La evaluación periódica de estos indicadores permite a la empresa no solo mantener la competitividad, sino también anticipar riesgos sociales y laborales, garantizando una transición equilibrada.

Conclusiones

Conclusiones por Objetivo:

1. Sectores impactados por IA (Obj. 1): Durante el periodo 2020–2024, los sectores colombianos que experimentaron mayor transformación por la adopción de inteligencia artificial fueron manufactura y comercio minorista, seguidos de cerca por servicios administrativos. En la manufactura, se evidenció una ralentización del crecimiento del empleo, vinculada a la sustitución de tareas rutinarias por automatización; en el comercio, se observaron reducciones puntuales en empleos tradicionales como cajeros y vendedores. En cambio, tecnología y servicios creativos incrementaron la demanda de perfiles especializados, aunque esos nuevos empleos no compensaron totalmente las pérdidas generadas.

El propósito del aporte en este objetivo fue identificar con precisión los sectores críticos para focalizar acciones futuras de reconversión laboral y regulación pública en Colombia desde una perspectiva técnica e institucional.

Este patrón revela una lógica de polarización laboral, donde los empleos de media calificación de naturaleza rutinaria son los más vulnerables, mientras que los roles altamente especializados, complementarios a la IA, ganan relevancia—aunque de forma insuficiente—para absorber la fuerza laboral desplazada. Estas conclusiones validan la necesidad de enfocar los esfuerzos de reconversión laboral y regulación en los sectores más afectados.

2. Cambios en habilidades y perfiles ocupacionales (Obj. 2): La introducción de IA modificó el perfil de habilidades demandado por el mercado laboral colombiano, generando brechas significativas. Por un lado, emergieron perfiles ocupacionales nuevos (analistas de datos, especialistas en IA, gestores de e-commerce, etc.) que requieren alta calificación y dominio tecnológico. Por otro lado, ocupaciones tradicionales (operarios, oficinistas, cajeros) vieron disminuir su participación, y los trabajadores en esos roles a menudo no poseen las competencias para transicionar a los nuevos puestos. En sectores como comercio retail se observó claramente esta dualidad: disminución de puestos rutinarios vs. aumento de demanda de competencias digitales que la fuerza laboral actual aún no cubre.

El propósito de este aporte fue sustentar empíricamente las brechas de capital humano y justificar la necesidad urgente de rediseñar los programas de formación técnica y profesional en Colombia, con base en el análisis sectorial realizado.

En síntesis, la IA está impulsando una revalorización del capital humano basado en conocimiento y tornándose obsoletas ciertas destrezas mecánicas; sin intervenciones, la brecha entre oferta y demanda de habilidades podría ampliarse, obstaculizando tanto la empleabilidad de individuos como la competitividad de las empresas.

3. Estrategias de transición laboral (Obj. 3): El estudio propone y valida la eficacia potencial de diversas estrategias para mitigar los efectos adversos de la IA en el empleo, enfatizando la formación y la adaptación organizacional. Se concluye que los programas de re-skilling masivo (como Senatec) son viables y necesarios para reconvertir a los trabajadores desplazados hacia ocupaciones emergentes. Igualmente, fomentar la complementariedad entre trabajadores y tecnología dentro de las empresas (en lugar de reemplazo total) demostró ser una vía sostenible, mejorando productividad sin eliminar empleos, según casos analizados. Un hallazgo importante es la necesidad de indicadores

de seguimiento: muchas iniciativas fracasan por falta de medición y ajuste, por lo que se incorporaron métricas de sostenibilidad (reinserción laboral, reducción de brechas, etc.) para evaluar el progreso de las estrategias. El propósito de este aporte fue ofrecer un marco técnico-práctico de respuesta sostenible al desafío de la automatización, con soluciones viables, medibles y articuladas a políticas públicas y prácticas empresariales del país. En conclusión, existen respuestas factibles y de impacto positivo para enfrentar la disrupción tecnológica, pero requieren coordinación, inversión continua y enfoque en poblaciones vulnerables para garantizar que la transición laboral beneficie a la mayoría y no solo a unos pocos.

Limitaciones del Estudio

Si bien esta investigación ofrece hallazgos valiosos, es importante reconocer sus limitaciones. En primer lugar, la disponibilidad y calidad de datos impusieron restricciones: muchas estadísticas sectoriales sobre adopción de IA o desplazamiento de empleos provienen de estimaciones indirectas o de periodos cortos. La rápida evolución de la tecnología implica que algunos datos queden obsoletos pronto (por ejemplo, la aparición de nuevas aplicaciones de IA generativa en 2024 no se captura plenamente en los datos de 2020–2023). En segundo lugar, el estudio se basó principalmente en análisis documentales y fuentes secundarias; no se realizaron encuestas de campo a empresas o trabajadores, lo que podría introducir sesgos o lagunas en la comprensión fina de las percepciones y realidades locales.

Adicionalmente, la naturaleza multifactorial del fenómeno (IA coincidiendo con impactos de pandemia, recesiones, cambios regulatorios, etc.) dificulta atribuir causalidad directa a la IA en algunos indicadores laborales. Se optó por un enfoque correlacional apoyado en la literatura, pero futuras investigaciones con métodos econométricos más robustos podrían enriquecer la confirmación de causalidad. Por último, el alcance geográfico se centró en la realidad nacional

promedio, sin profundizar en diferencias regionales dentro de Colombia; es posible que departamentos con economías menos digitalizadas experimenten el impacto de modo distinto al de grandes centros urbanos, lo cual no fue abordado a detalle en este trabajo.

Líneas para Futuras Investigaciones: Este trabajo abre múltiples interrogantes que exceden su alcance y que merecen ser explorados por investigaciones futuras:

- *Profundización sectorial y regional:* Realizar estudios específicos en sectores no cubiertos exhaustivamente aquí (por ejemplo, agricultura de precisión con IA, sector salud con diagnósticos asistidos) y en regiones particulares (analizar cómo la IA impacta el empleo rural vs. urbano, o en ciudades intermedias vs. Bogotá). Esto ayudaría a diseñar intervenciones más focalizadas.
- *Impacto de la IA generativa y nuevas tecnologías pos-2024:* Investigar el efecto laboral de las últimas olas de IA, como ChatGPT y similares, que empezaron a masificarse en 2023–2024. ¿Podrían estas herramientas automatizar también tareas cognitivas avanzadas? Estudios futuros podrían medir cómo evoluciona el “puntaje de automatización” de ocupaciones profesionales (abogados, médicos, docentes) a medida que la IA avanza en comprensión de lenguaje natural e imagen.
- *Evaluación de políticas implementadas:* Una línea necesaria es analizar, con método científico, la efectividad de las políticas y programas que Colombia ponga en marcha. Por ejemplo, evaluar en 2–3 años el resultado del programa Senatec (¿cuántos graduados consiguieron empleo?), o de la eventual Ley de IA (¿se mitigaron despidos? ¿hubo adopción de IA ética en empresas?). La retroalimentación empírica permitirá refinar dichas políticas.
- *Transformaciones en la calidad del empleo:* Más allá de la cantidad de empleos, investigar cómo la IA afecta la calidad del trabajo. Temas como la intensificación del

trabajo (trabajadores obligados a producir más asistidos por IA), la desconexión digital y equilibrio trabajo-vida, o la segmentación del mercado laboral (trabajadores altamente calificados con muy buenas condiciones vs. resto en empleos precarios) merecen atención. Estudios cualitativos con trabajadores podrían complementar la visión cuantitativa y aportar al diseño de marcos de bienestar en entornos automatizados.

- *Ética e implicaciones legales emergentes:* Explorar cuestiones como la responsabilidad ante decisiones tomadas por IA en el ámbito laboral (p. ej., despidos decididos por algoritmos), la privacidad de los datos de empleados cuando se usan sistemas de monitoreo con IA, y la voz de los trabajadores en la gobernanza de estas tecnologías. Analizar casos internacionales de disputas legales o convenios colectivos en torno a IA proveería enseñanzas para Colombia.

Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2023). La difusión de la inteligencia artificial en América Latina: avances y desafíos. BID. <https://www.iadb.org>
- Cano, A., & García, J. (2022). Habilidades blandas y duras en el contexto de la cuarta revolución industrial. *Revista Iberoamericana de Educación*, 88(1), 45–61. <https://doi.org/10.35362/rie8815825>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). *Tecnologías disruptivas y empleo en América Latina: escenarios para la próxima década*. <https://www.cepal.org>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). *Boletín Técnico del Mercado Laboral – 2024, primer trimestre*. <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Política Nacional de Inteligencia Artificial (CONPES 4144). <https://www.dnp.gov.co>
- Fedesarrollo. (2024, marzo 4). Seis de cada diez empleos en Colombia están en riesgo de automatización. <https://www.fedesarrollo.org.co>
- Foro Económico Mundial. (2023). *The Future of Jobs Report 2023*. <https://www.weforum.org>
- Instituto Global McKinsey. (2021). *The Future of Work after COVID-19*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com>
- Hoyos, H. A., García, N. C., Izquierdo, A. G., López, V. L., & Acuña, K. R. (2024). Impacto de la Adopción de Competencias Digitales y Tecnológicas de la Industria 4.0 en la Productividad, Empleabilidad, Innovación y Sostenibilidad Económica en Sectores Industriales: Un Análisis Comparativo con Competencias Laborales Tradicionales. *Gestión de Operaciones Industriales*, 3(2), 24-37.
- Mejía, L. F., & Pabón, C. (2023). COVID-19 y riesgo de automatización en el mercado laboral de los países andinos. Inter-American Development Bank.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). (2023). *Informe de brechas de talento digital y estrategias de formación*. Bogotá: MinTIC. <https://www.mintic.gov.co>
- Morales Pantoja, A. J., et al. (2023). Riesgo de automatización de empleos en Colombia: un análisis de los determinantes de la vulnerabilidad de los trabajadores ante la disrupción tecnológica. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 31(2), 159–172.

- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2024). Inteligencia artificial y el futuro del trabajo: perspectivas para América Latina. Ginebra: OIT. <https://www.ilo.org>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2021). *Skills for a Digital World: Framework for 2030*. <https://www.oecd.org/skills>
- O*NET Online. (2023). *Occupational Information Network database*. <https://www.onetonline.org>
- Parejo, I. Á. B., Núñez, W. A. N., & Núñez, L. D. N. (2021). Inserción del análisis financiero en PyMes colombianas como mecanismo para promover la sostenibilidad empresarial. *Desarrollo Gerencial*, 13(2), 1-19.
- SENA, MinTIC & OIT. (2023). *Programa Senatec: Alianza nacional para formación en IA y datos*. [Boletín informativo institucional].
- Silva, J., & López, C. (2022). *Competencias emergentes y desajuste laboral en contextos de transformación digital: el caso colombiano*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 18(2), 75–92.
- World Economic Forum (WEF). (2022). *Readiness for the Future of Work Index*. <https://www.weforum.org/reports/readiness-for-the-future-of-work>