

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y EMPLEO EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DEL
IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

FREDY YESID CANTE GARZON
ANDRES FELIPE HERNANDEZ PINTO

FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
BOGOTA DC
2024

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y EMPLEO EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DEL
IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

FREDY YESID CANTE GARZON
ANDRES FELIPE HERNANDEZ PINTO

MONOGRAFIA PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO MECATRONICO

DIRECTORA:
VALENTINA REYES MARTINEZ

CODIRECTOR:
OSWALDO ESTEBAN LLANOS ERASO

FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA
BOGOTA DC
2024

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| CONTENIDO | 3 |
| LISTA DE TABLAS | 4 |
| LISTA DE ILUSTRACIONES | 5 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 7 |
| 1.2. JUSTIFICACION..... | 12 |
| 2. OBJETIVOS..... | 17 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 17 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS | 17 |
| 3. MARCO REFERENCIAL | 18 |
| 3.1. ESTADO DEL ARTE | 18 |
| 3.2. MARCO TEORICO..... | 19 |
| 3.2.1. Sector Industrial | 19 |
| 3.2.2. Industria 4.0 | 23 |
| 3.2.3. Automatización en el sector industrial | 27 |
| 3.2.4. Dinámica Laboral | 29 |
| 3.3. MARCO CONCEPTUAL..... | 32 |
| 3.4. MARCO LEGAL | 37 |
| 4. DISEÑO METODOLOGICO..... | 39 |
| 4.1. Tipo de investigación..... | 39 |
| 4.2. Enfoque investigativo | 39 |
| 4.3. Fases del proyecto..... | 39 |
| 5. RECURSOS DISPONIBLES..... | 42 |
| 6. CRONOGRAMA | 43 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 44 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-----------|
| Tabla 1. Rangos para la Definición del Tamaño Empresarial, 2019..... | 22 |
| <i>Tabla 2. Apropiación de tecnologías 4.0 por tamaño de empresa en Colombia, 2020.....</i> | <i>23</i> |
| Tabla 3. Recursos disponibles y costos..... | 42 |
| Tabla 4. Cronograma..... | 42 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | Pág. |
|---|------|
| Ilustración 1. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria manufacturera Colombia, 2020 | 8 |
| Ilustración 2. Promedio salarial según nivel de formación en Colombia, 2021 | 9 |
| Ilustración 3. Tasa global de participación, ocupación y desempleo en Colombia, 2023.... | 9 |
| Ilustración 4. Encuesta de Inversión en investigación y desarrollo en Colombia, 2021 | 10 |
| Ilustración 5.Boletín informativo de las TIC, accesos fijos a Internet Colombia, 2023 | 11 |
| Ilustración 6.Boletín informativo de las TIC, accesos móviles a Internet Colombia, 2023. | 12 |
| Ilustración 7. Evolución de la industria en los últimos doscientos años, 2017. | 13 |
| Ilustración 8.Evolución del suministro anual de robots industriales (2008-2020), 2021 | 15 |
| Ilustración 9.Evolución del suministro anual de robots industriales en América, 2021. | 16 |
| Ilustración 10. Evolución de la telefonía Móvil hasta la 5G, 2019..... | 24 |
| Ilustración 11. Diagrama metodológico, 2024 | 41 |

1. INTRODUCCIÓN

“Los avances tecnológicos han tenido un impacto significativo en el crecimiento económico y el empleo a nivel mundial” (Cuellar, 2022) y Colombia no es ajena a los cambios que la automatización ha introducido en sus diversos sectores industriales. Esta monografía analizará cómo la adopción de nuevas tecnologías en el sector industrial colombiano ha transformado las dinámicas laborales y la relación entre tecnología y empleo en el país.

Esta investigación consiste en examinar el alcance y la velocidad con la que la automatización ha permeado los distintos sectores industriales en Colombia. Este análisis busca proporcionar una visión clara del crecimiento de la implementación de tecnologías automatizadas y, en particular, identificar los sectores que han experimentado transformaciones más pronunciadas (Caicedo, 2020).

En Colombia, el empleo industrial ha sido una fuente importante de ocupación a lo largo de las décadas, a pesar de los cambios tecnológicos el sector industrial ha mantenido su relevancia. Sin embargo, la automatización y la adopción de nuevas tecnologías han llevado a una reconfiguración de los tipos de empleos disponibles. Es fundamental comprender cómo estas tendencias afectan a los trabajadores y cómo podemos prepararnos para el futuro.

Un aspecto central de esta investigación se focaliza en medir el impacto económico de la automatización en los ingresos económicos de los trabajadores y la forma en que desempeñan una labor, se propone analizar si la implementación de tecnologías automatizadas ha contribuido a mejorar o debilitar las condiciones laborales y los ingresos de los trabajadores en el sector industrial (Sánchez, 2019).

En resumen, se analizarán los efectos de la automatización en el sector laboral colombiano, la evolución tecnológica en el sector industrial colombiano y la implementación de nuevas tecnologías, la implementación de nuevas tecnologías a nivel industrial, la transformación de las dinámicas laborales y la relación entre tecnología y empleo. Este enfoque permite explorar los diagnósticos que ejercen influencia directa e indirecta en la fuerza laboral, proporcionando una comprensión holística de las dinámicas económicas y laborales en juego.

Esta investigación no solo busca arrojar luz sobre la actualidad de la automatización en Colombia, sino también contribuir a la comprensión de cómo

estas transformaciones tecnológicas están redefiniendo la relación entre la tecnología y el trabajo. A través de este análisis, se proporcionará información valiosa que sirva de base para decisiones políticas y estratégicas, considerando el impacto económico y social de la automatización en el tejido laboral colombiano.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, la automatización y la adopción de tecnologías avanzadas están transformando rápidamente el panorama laboral en Colombia. La convergencia a nivel tecnológico requiere una actualización de la infraestructura existente, esto les genera la necesidad de potencializar el desarrollo del talento humano, generando competencias laborales, formación continua e implementación de nuevos procesos. En esta revolución industrial el ser humano es el actor principal de los cambios tecnológicos y sociales, el crecimiento económico del país depende de tres aspectos importantes como lo son el recurso humano, la infraestructura en materia de tecnología y el desarrollo del conocimiento.

En el artículo de Niño et al. (2020) publicado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, indica que en la apropiación tecnológica de la industria colombiana hay 1.478 empresas clasificadas como “empresas innovadoras”, de las cuales solo 30 se consideran “empresas altamente innovadoras”. Según la guía técnica publicada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación una “empresa innovadora” es aquella sobresale por la implementación de nuevos procesos, creación de nuevos productos y servicios que le permiten generar competitividad en la industria.

Por otro lado, una “empresa altamente innovadora” realiza actividades orientadas a la innovación y procesos previamente establecidos. Para ser reconocida como “empresa altamente innovadora” ante el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) se tienen que cumplir con 3 requisitos, el primero debe ser la introducción al mercado de productos o servicios nuevos o mejorados, la segunda es una Unidad de i+D+i (investigación, Desarrollo e innovación) para investigaciones, estudios de factibilidad y desarrollo tecnológico, y tercero la planificación financiera para conocer la administración de los recursos e ingresos de cada innovación introducidas al mercado nacional e internacional (MinCiencias, 2023).

En la Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT) realizada por el (DANE, 2020) investigaron 7.762 empresas de la Encuesta Anual Manufacturera del 2019, las clasifico entre innovadoras en sentido estricto e innovadoras en sentido amplio, “las Innovadoras en sentido estricto son empresas que obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo en el mercado internacional y las Innovadoras en sentido amplio son empresas que obtuvieron al menos un servicio o bien nuevo en el mercado nacional”. Los resultados fueron 15 empresas innovadoras en sentido estricto, 2.003 empresas innovadoras en sentido amplio, 241 empresas potencialmente Innovadoras y 5.503 empresas no innovadoras. (DANE, 2020)

Ilustración 1. Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica Industria manufacturera Colombia, 2020

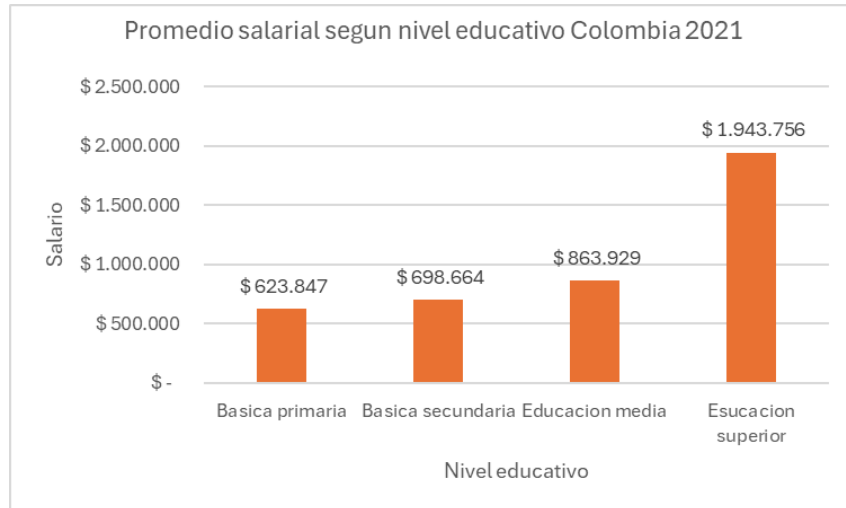


Nota: Ilustración que muestra la cantidad de empresas industriales encuestadas y su respectiva clasificación de acuerdo con los resultados de innovación tecnológica. Adaptado de: DANE, (2020).

En la ilustración 1 se puede observar la clasificación de las empresas industriales según la innovación tecnológica de las 7.762 empresas encuestadas, empresas innovadoras en sentido estricto (2%), empresas innovadoras en sentido amplio (25,8%), empresas potencialmente Innovadoras (3,1%) y finalmente empresas no innovadoras (70,9%).

(DANE, 2020). Por otro lado, en Colombia, se observa que los salarios varían según el nivel de educación de una persona.

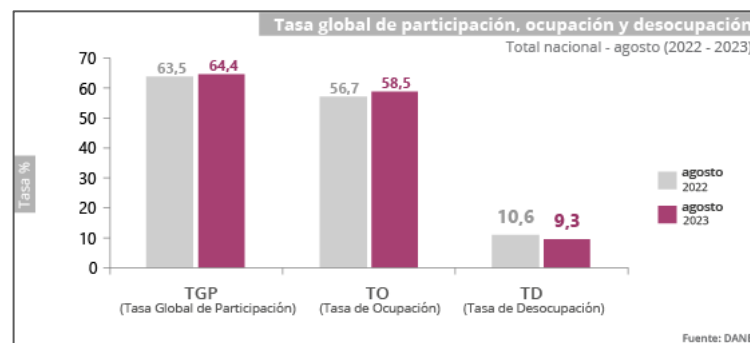
Ilustración 2. Promedio salarial según nivel de formación en Colombia, 2021



Nota: Ilustración que muestra el promedio salarial en Colombia según el nivel educativo. Adaptado de: Alianza por la Inclusión Laboral, (2022).

Al analizar la ilustración 2, se observa que los salarios más altos en Colombia los tienen quienes obtuvieron algún tipo de educación superior, y duplican o triplican los ingresos de quienes tienen educación básica secundaria o media. Así mismo, se puede observar la tasa de desempleo en Colombia según los informes del DANE al año 2023 en la cual estudian la tasa de participación, ocupación y desocupación (DANE, 2023).

Ilustración 3. Tasa global de participación, ocupación y desempleo en Colombia, 2023

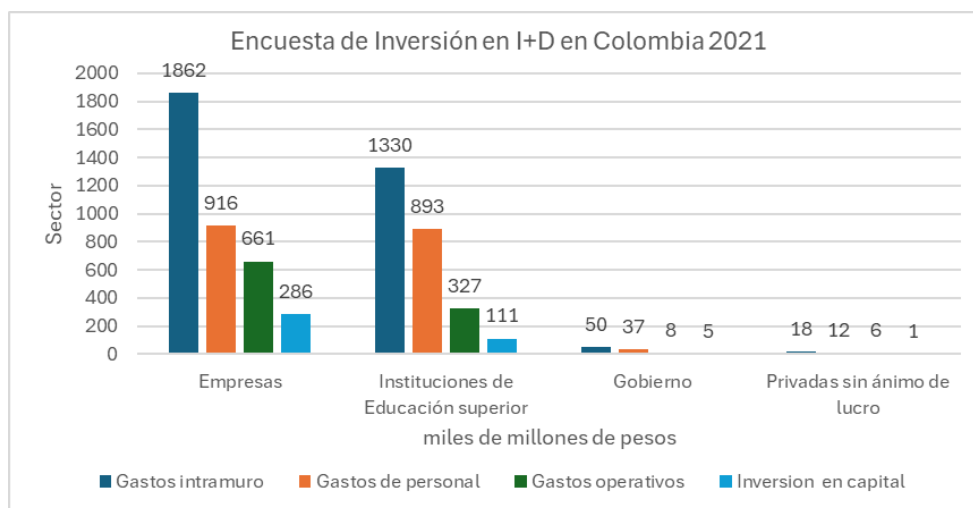


Nota: Ilustración que muestra la tasa de empleo y desempleo en Colombia hasta el mes de agosto del año 2023. Adaptado de: DANE, (2022).

La ilustración 3 muestra cómo se encuentra actualmente la tasa de desempleo en Colombia. A corte de agosto de 2023 fue de 9,3% y al cierre del 2022 fue del 10,6 %, la tasa Global de participación aumento 0,9 puntos porcentuales del 63,5% en el 2022 al 64,4% al año 2023; uno de los factores que influye en el desempleo en Colombia es que se generó un aumento en la automatización de procesos, los cuales reemplazan la mano de obra no calificada pero que pueden ser reubicados en otras áreas no automatizadas. (DANE, 2023).

Por otro lado, en la encuesta de inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) realizada por el DANE en el año 2020, se observan los sectores que generan mayores inversiones en el desarrollo tecnológico e investigación en el país, mismo año en el que Colombia ingresa a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). La OCDE es un organismo internacional el cual tiene como objeto promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas en el mundo.

Ilustración 4. Encuesta de Inversión en investigación y desarrollo en Colombia, 2021



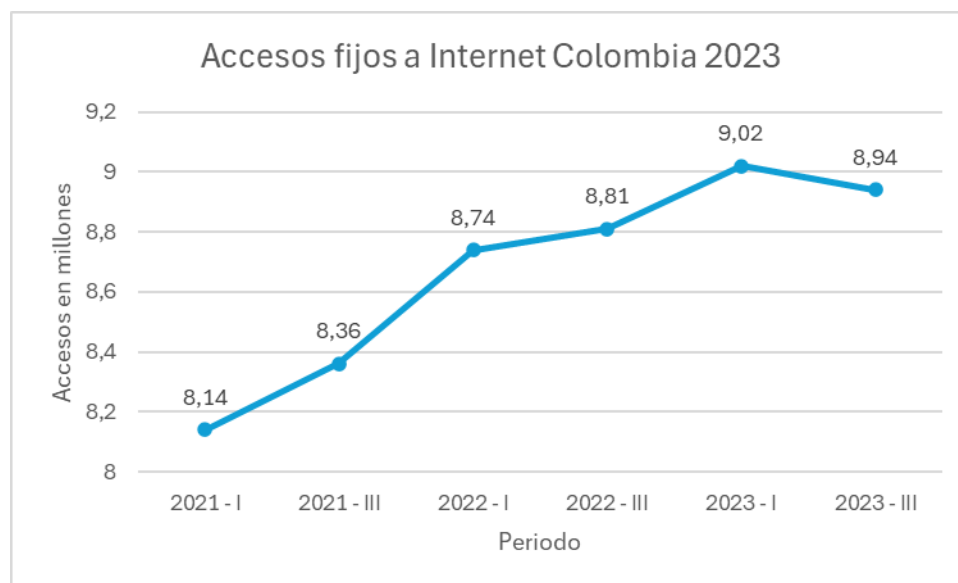
Nota: Ilustración que muestra la inversión en Colombia en investigación y desarrollo del año 2021. Adaptado de: DANE, (2022).

En la ilustración 4 se muestran los resultados de inversión en Colombia en (I+D), la encuesta investigó 6.461 empresas de diversos sectores tales como industria, comercio y servicios, entidades gubernamentales de investigación y desarrollo, instituciones de educación superior y privadas sin

ánimo de lucro. Según los resultados de la encuesta del DANE los gastos intramuro de los sectores investigados tuvieron la siguiente participación: 57% de Empresas, 41% Instituciones de educación superior, 25 de Gobierno y 1% Privadas sin ánimo de lucro. Los sectores con mayor inversión en capital fueron empresas con 70%, seguido por instituciones de educación superior con 27%, gobierno con 2% y privadas sin ánimo de lucro con 1% de participación. (DANE, 2021)

Según el informe trimestral publicado por el (MinTic, 2023), al tercer trimestre de 2023 se tienen 8,94 millones de accesos fijos a internet el cual ha aumentado en 0,8 millones con respecto al primer trimestre del año 2021 como se observa en la ilustración 4, y 43,3 millones de accesos móviles a internet en cual ha aumentado en 10,84 millones con respecto al primer trimestre del año 2021 como se observa en la ilustración 5.

Ilustración 5. Boletín informativo de las TIC, accesos fijos a Internet Colombia, 2023

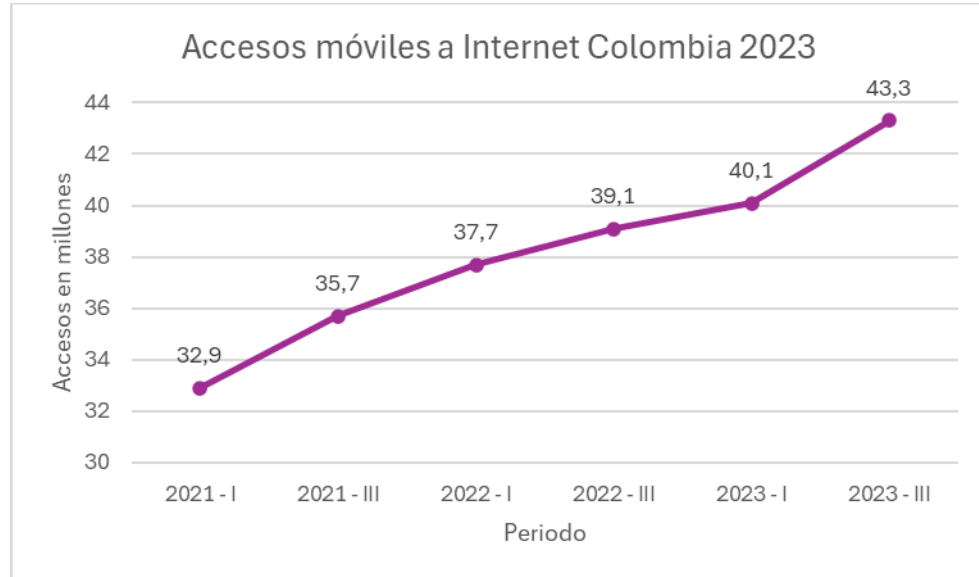


Nota: Ilustración que muestra la evolución de los accesos fijos a internet en Colombia al año 2023. Adaptado de: MinTic, (2023).

En la ilustración 5 se muestra el histórico de los accesos fijos a internet en Colombia de los últimos 3 años, en el cual se observa un crecimiento del 10% de nuevos accesos. Por otra parte, en la ilustración 6 se muestra el histórico de los accesos móviles a internet en Colombia de los últimos 3

años, en el cual se observa un crecimiento del 32% de nuevos accesos. (MinTic, 2023)

Ilustración 6. Boletín informativo de las TIC, accesos móviles a Internet Colombia, 2023



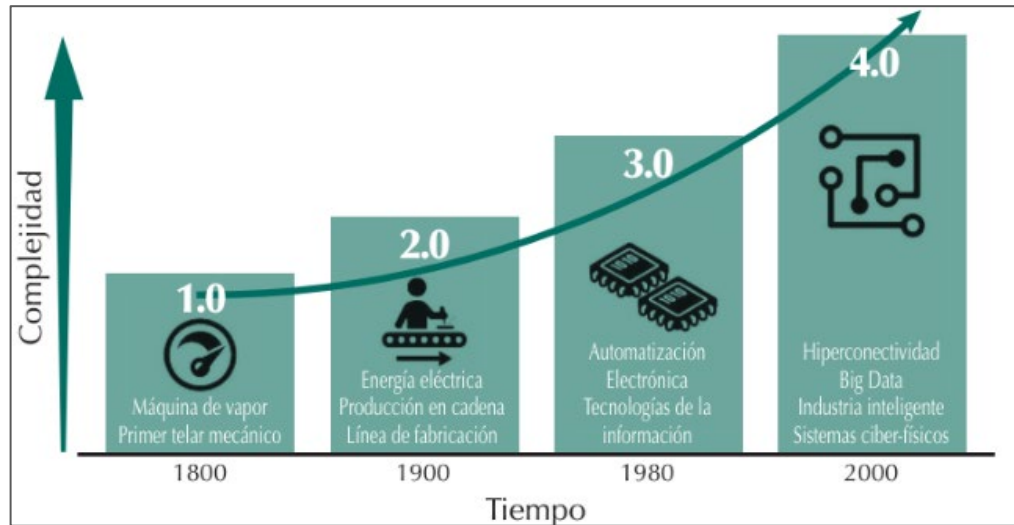
Nota: Ilustración que muestra la evolución de los accesos móviles a internet en Colombia al año 2023. Adaptado de: MinTic, (2023).

Según el estudio Rengifo, Carvajal (2021), en periodos de recesión el empleo disminuye, lo cual reduce los ingresos de la población y afecta negativamente el consumo y la inversión. Por otro lado, en periodos de expansión económica, aumenta la demanda de mano de obra calificada, la inversión en investigación y desarrollos tecnológicos ayudan a generar competencias laborales, disminuir las tasas de desempleo y aumentar la productividad. Con lo cual se plantea, ¿Cómo la adopción de nuevas tecnologías en el sector industrial colombiano ha transformado las dinámicas laborales en el país? Y con ello fortalecer los programas de formación, la conectividad a internet y así acelerar la transición a una industria 4.0.

1.2. JUSTIFICACION

La automatización de tareas y/o labores y la adopción de tecnologías avanzadas están redefiniendo la naturaleza del trabajo en todo el mundo. La revolución industrial ha tenido avances a través del tiempo de manera proporcional con su nivel de complejidad. (Roig, 2017)

Ilustración 7. Evolución de la industria en los últimos doscientos años, 2017.



Nota: Ilustración que muestra la evolución de las revoluciones industriales en los últimos 200 años. Tomado de: Roig, (2017).

Desde 1800 hasta la actualidad se han dado cuatro revoluciones industriales, la primera con la introducción de la máquina a vapor, la segunda en 1900 con la introducción de la energía eléctrica, producción en cadena y líneas de fabricación, la tercera en 1980 con la automatización electrónica y tecnologías de la información y la cuarta en los 2000 con la Industria 4.0, estos hitos con factor en común, la brecha de tiempo entre cada una de ellas cada vez es menor, como se puede evidenciar en la ilustración 7.

El proceso de automatización en Colombia ha experimentado varias etapas a lo largo de su historia, cada una marcada por avances tecnológicos, cambios económicos y sociales. Inicialmente la primera revolución industrial (1760-1840) que generalizó el uso de máquinas, también se extendió el uso de fuentes de energía y se inició a trabajar en fábricas; con la segunda revolución industrial (1840-1914) se crearon nuevas máquinas, aumentando su eficacia y con una mayor concentración del capital financiero. ("línea de tiempo sobre la evolución de la industria en Colombia", n.d.)

Por otra parte, el nacimiento de la Industria Colombiana se da entre los años 1830 y 1950, con el auge de grandes empresas que a hoy en día son referentes en el sector industrial como Bavaria fundada en 1889, la primera máquina a vapor (1900) implementada para la producción de azúcar en el

país por el ingenio Manuelita, la fundación de Coltejer en el año 1907 y de Fabricato en 1920. Para inicios del siglo XX los sectores ganaderos y agricultor no estaban conformados de manera estructurada y las grandes haciendas productoras de café en el sector oriental del país atravesaban una crisis financiera. ("línea de tiempo sobre la evolución de la industria en Colombia", n.d.)

Así mismo, los medios de transporte utilizados para movilizar la producción se realizaban de manera fluvial por el río Magdalena y atravesando las montañas con animales de trabajo, este se encontraba afectado por el conflicto interno. Se cultivaba, dentro de los principales productos, caña de azúcar, papas, maíz, tabaco y trigo. El cultivo más importante en términos de extensión y producción era el café. ("línea de tiempo sobre la evolución de la industria en Colombia", n.d.)

Al final de la década de los años 60's, la revolución tecnológica de la misma manera que la revolución industrial había permitido el reemplazo de la fuerza laboral humana por las máquinas, la revolución informática se enfoca en el reemplazo del cerebro o un gran número de sus funciones por operaciones desarrolladas por computadoras. Esta automatización, de los medios de producción (lo mismo en la industria que en los servicios) es acelerada por la explosión de nuevas investigaciones en las telecomunicaciones y por la proliferación de los cybermundos (Nieto, 2006).

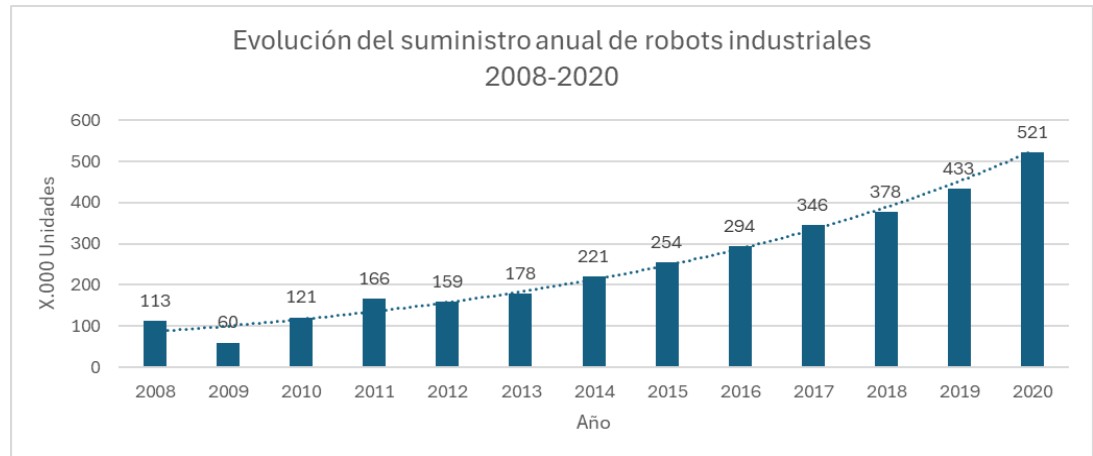
Con la expansión de la automatización (1990 - 2000) en el país, la cual se hizo más accesible para un mayor número de empresas en Colombia. Se observó una mayor adopción de sistemas de automatización en sectores como la industria automotriz, la agricultura, la energía y los servicios. Para el inicio del siglo XXI con los avances en robótica, inteligencia artificial y análisis de datos, la automatización en Colombia había alcanzado niveles más sofisticados. Se han implementado robots industriales en algunas fábricas, y la digitalización de procesos ha permitido una mayor eficiencia operativa y una mejor toma de decisiones en empresas de diferentes sectores (Agudelo, Vargas; 2020).

Según el estudio de Sánchez (2019), el impacto económico de las nuevas tecnologías en el sector industrial es relevante para Colombia, ya que la calidad del empleo, el nivel de ingresos de la población y la estabilidad económica están ligados a la dinámica laboral del país. La industria 4.0 se

define con sucesos que se podrían considerar evolutivos, la velocidad de adopción de estos ha propiciado un enfoque revolucionario para el ámbito laboral y educativo. La evolución de la industria en los últimos años ha avanzado y se ha adaptado y mejorado para satisfacer las demandas cambiantes de la sociedad.

En los últimos años, se ha observado un aumento en la automatización de procesos en diversas industrias, el cual suele ser medido de manera general en el suministro anual de robots industriales en el mundo.

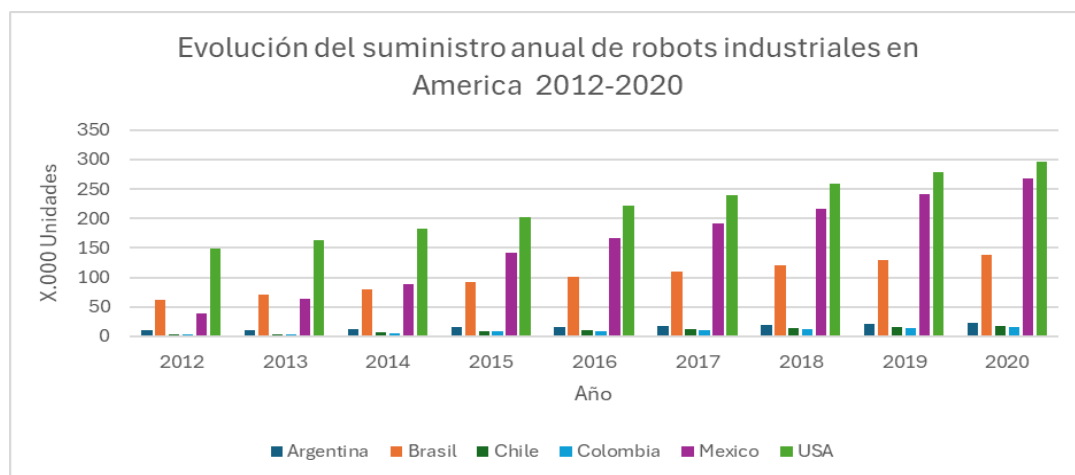
Ilustración 8. Evolución del suministro anual de robots industriales (2008-2020), 2021



Nota: Ilustración que muestra la evolución del suministro anual de robots industriales en los últimos 12 años. Adaptado de: Federación Internacional de Robótica – IFR, (2021).

En la ilustración 8, se puede observar el crecimiento del suministro anual de robots industriales en el mundo el cual ha tenido un comportamiento exponencial en el periodo de tiempo que comprende del año 2008 al 2020, aumentando en un 36% la cantidad de robots industriales suministrados, con un crecimiento anual promedio del 15% (IFR, 2021). Así mismo, al enfocar este dato en Colombia y países de la región se puede observar la evolución del suministro de robots al sector industrial.

Ilustración 9. Evolución del suministro anual de robots industriales en América, 2021.



Nota: Ilustración que muestra la evolución del suministro anual de robots industriales en América en los últimos 8 años. Adaptado de: BID - Banco Interamericano de Desarrollo, (2020).

En la ilustración 9 se evidencia un crecimiento significativo en el suministro anual de robots en Colombia para el periodo de años del 2012 al 2020, pero un promedio muy bajo al ser comparado con otros países referentes de la región. Por otra parte, al sector industrial le esperan grandes cambios debido a la automatización de los servicios, no obstante, ese cambio puede generar nuevas posibilidades y oportunidades a los trabajadores. Es importante que los colaboradores adquieran habilidades y fortalezcan su nivel de formación esto con el fin de adaptarse a los cambios que se avecinan en el mercado laboral, aprovechando las políticas públicas que los gobiernos orientan para fortalecer el sector laboral. (Ferreira, 2023)

La implementación de automatización en Colombia debe ir acompañada del desarrollo de estrategias efectivas que fomenten una transición laboral equitativa y sostenible en el país. El entender cómo la adopción de nuevas tecnologías en el sector industrial colombiano viene transformando las dinámicas laborales en el país, ayudara a complementar la literatura académica y proporcionara información valiosa para futuros estudios, planes de capacitación a empleados, programas de mejora en el sector educativo y decisiones políticas, abordando un tema de alta relevancia y actualidad en Colombia. (MinTic, 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una revisión bibliográfica que analice cómo la adopción de nuevas tecnologías en el sector industrial colombiano ha transformado las dinámicas laborales y la relación entre tecnología y empleo en el país.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar la evolución tecnológica en el sector industrial colombiano, analizando la implementación de nuevas tecnologías según su cronología y nivel de adopción durante un período definido.

Evaluar la evolución en la generación de empleo y los niveles salariales en el sector industrial colombiano, antes de la implementación de nuevas tecnologías, para identificar tendencias y establecer una línea base de comparación.

Estimar el impacto de la implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo del mercado laboral del sector industrial colombiano, analizando cambios en la demanda de habilidades, generación de empleo y estructuras salariales con el fin de evidenciar los resultados de la presente investigación.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. ESTADO DEL ARTE

El documento *El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe - ¿Cuál es el impacto de la automatización en el empleo y los salarios?* (BID - Banco Interamericano de Desarrollo, 2020) plantea una visión general de América Latina y el Caribe reflejando como avanza la implementación de la automatización en la región. Además, plantea una estimación de ocupaciones con alta probabilidad de ser reemplazados por robots y la variación de los salarios de acuerdo con las capacidades de las personas. En este documento a Colombia lo presentan como un país referente, a pesar de no tener una alta automatización, si ha demostrado un crecimiento importante en su implementación.

El artículo *La inteligencia artificial y su influencia en el mercado laboral colombiano* (Paez, 2022), habla sobre la implementación de la inteligencia artificial y su impacto en el mercado laboral colombiano. En él, resalta como el uso de IA en la industria de la región constituye un factor de capital y trabajo y es importante para la investigación ya que favorece el aumento de la productividad y el beneficio económico, debido a la automatización de actividades y la mejora del desempeño laboral en el país.

En el informe *¿Aceleró la pandemia el proceso de automatización en Colombia?* (Banco de la República de Colombia, 2023) se muestra un estudio del crecimiento de la automatización en Colombia en el periodo postpandemia, haciendo énfasis en los crecimientos significativos por el tipo de ocupación y el número de vacantes. Se observa que las vacantes más automatizables se encuentran en sectores como el automotriz, alimentos, farmacéutica, química y electrónica. Con los resultados se demostrará que la automatización efectivamente afecta la dinámica laboral.

En el documento *Colombia y la nueva revolución industrial, Propuestas del Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0 de Caicedo* (2020), se brinda una visión de hacia dónde se está encaminando la implementación de tecnologías convergentes e industria 4.0 en el país, y la importancia del capital humano y su formación para afrontar esta transición, es importante para la investigación ya que hace referencia un reemplazo completo de

profesiones tal como las conocemos, e incentiva a generar una automatización de roles en el ámbito laboral.

En el informe La automatización de procesos potencia su empresa un 51% (Cuellar Paula, 2022) se muestra el crecimiento en productividad y eficiencia de los procesos de una empresa, y su efecto en los ingresos de los trabajadores. Además, da a entender que la automatización no incluye únicamente a los robots que encontramos en las empresas manufactureras, si no que incluye a los robots sistematizados que pueden gestionar solicitudes de atención al cliente con mayor efectividad y como estas implementaciones pueden aumentar o disminuir la creación de ofertas laborales.

En la empresa de licores de Cundinamarca en el año 2017 se llevó a cabo el proceso de automatización de las líneas de producción y del proceso de envasado, el cual fue ejecutado por las empresas Endress Hauser y Rockwell Automation. Al ser una experiencia directa se tiene una visión del impacto de la incursión de nuevas tecnologías en los procesos productivos, los procesos de capacitación a los cuales se afrontaron los empleados y la disminución de las cargas laborales para los mismos.

3.2. MARCO TEORICO

3.2.1. Sector Industrial

Sanchez en 2012 describe el sector industrial del país como una estructura productiva que ha presentado diversos cambios durante la primera década del presente siglo. Los diferentes sectores productivos han cambiado su participación en la producción de manera significativa, en los cuatro años siguientes a la crisis económica por la que paso el país para fines del siglo XX, los sectores de la industria y la construcción fueron de los que más aportaron a la recuperación económica, caracterizados por su alta dinámica en la economía nacional por esos años, paralelamente el sector servicios demostró un crecimiento moderado pero estable, por el contrario el sector agropecuario tuvo un crecimiento leve y mayor inestabilidad.

Para Mayor (2017) en un enfoque técnico, la industria colombiana está compuesta por procesos de mecanización que transforman materias primas

y van más allá de las simples necesidades locales, dirigidos hacia un mercado amplio. Minciencias (2019) tenía un censo de 1.478 empresas colombianas catalogadas como empresas innovadoras, de las cuales solo 30 lo que equivale al 2% se consideran altamente innovadoras.

El DANE (2016) denomina a las empresas innovadoras o innovadoras en sentido amplio como aquellas que han introducido al menos un nuevo servicio o producto a su propia empresa proveniente del mercado nacional, o que han implementado un proceso de producción nuevo o significativamente mejorado para su línea principal o líneas complementarias, así como también una nueva forma de organización o estrategia de comercialización.

Minciencias (2023) define una empresa altamente innovadora como aquellas empresas en Colombia que llevan a cabo de manera regular actividades orientadas hacia la innovación, utilizando procesos bien definidos, asignación de recursos y resultados comprobables. Según el DANE (2016), estas empresas son aquellas que han introducido al menos un nuevo servicio o producto significativamente mejorado proveniente del mercado internacional y para recibir esta clasificación deben cumplir con los siguientes criterios:

1. Una empresa con más de 6 años de creación y una Unidad de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) consolidada.
2. Un método claro y bien documentado para administrar la I+D+i que está integrado con las estrategias corporativas y facilita la organización y demostración de su ejecución sistemática en toda la empresa. Este método se enriquece mediante el registro de las lecciones aprendidas y la implementación de innovaciones en procesos, productos o servicios.
3. Una estrategia que prone como formula la investigación más el desarrollo, lo que traerá como resultado la innovación, esto debidamente documentado en un Plan estratégico monitoreando los procesos, recolectando los datos y analizando estos mismos.
4. Conexiones establecidas para impulsar de manera continua el desarrollo de actividades de I+D+i, en asociación con otros

participantes del SNCTI aprobados por el Ministerio, o mediante la colaboración con actores internacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTel). Esto se realiza con el objetivo de potenciar las capacidades propias a través del desarrollo compartido de proyectos de CTel.

5. Los recursos de infraestructura y equipamiento esenciales para los proyectos de I+D+i que son gestionados por la Unidad de I+D+i y están claramente separados de la infraestructura central utilizada en las operaciones principales del negocio.
6. Se establece una planificación financiera específica, junto con un presupuesto y una estructura de costos separados para las actividades de I+D+i. En este contexto, se identifican los ingresos generados por cada innovación introducida en el mercado, utilizando indicadores de rendimiento y objetivos definidos para evaluar el retorno de la inversión.
7. El elemento más crucial es su recurso humano, por lo tanto, cuenta con un plan para integrar el conocimiento interno y externo, dirigido por un equipo altamente cualificado en el nivel de Doctorado y Maestría, capacitado para dirigir las actividades de I+D+i.
8. Promueve la creatividad y la colaboración en equipo, asumiendo riesgos y buscando tanto desarrollar como aprovechar tecnologías emergentes, con el objetivo definido de añadir valor a su misión principal.
9. Innovaciones, ya sean incrementales o disruptivas, que se lanzan de manera sistemática en el mercado nacional e internacional, mientras se monitorea continuamente su desempeño.
10. La innovación hace parte de su cultura y ADN organizacional.

3.2.1.1. Criterios de clasificación de las Empresas

En Colombia el ministerio de Comercio (2019) mediante el decreto 957 de 05 junio de 2019, divide a las empresas en tres sectores y usa como criterio

exclusivo para la clasificación de las empresas los ingresos por actividades ordinarias anuales de la respectiva empresa representados en UVT (unidad de valor tributario) y lo podemos ver representado en la tabla 1.

Tabla 1. Rangos para la Definición del Tamaño Empresarial, 2019

| Sector | Micro | Pequeña | Mediana |
|---------------|--------------------------------|---|--|
| Manufacturero | Inferior o igual a 23.563 UVT. | Superior a 23.563 UVT e inferior o igual a 204.995 UVT. | Superior a 204.995 UVT e inferior o igual a 1'736.565 UVT. |
| Servicios | Inferior o igual a 32.988 UVT. | Superior a 32.988 UVT e inferior o igual a 131.951 UVT. | Superior a 131.951 UVT e inferior o igual a 483.034 UVT. |
| Comercio | Inferior o igual a 44.769 UVT. | Superior a 44.769 e inferior o igual a 431.196 UVT. | Superior a 431.196 UVT e inferior o igual a 2'160.692 UVT. |

Nota: Tabla de clasificación de los tamaños de empresas, Tomado de: Mincomercio, (2019).

Las grandes empresas no se relacionan en la tabla 1, ya que se considera gran empresa aquella que tiene ingresos por actividades ordinarias anuales mayores al rango superior de las medianas empresas, sin importar su sector.

3.2.1.2. Adopción de tecnologías digitales avanzadas por dimensión de empresas

Katz (2017) en su informe Observatorio de la economía digital de Colombia, plantea la adopción de tecnología digitales avanzadas por parte de las empresas agrupada en tres pilares, que están compuestos así:

- Infraestructura: Ciberseguridad y computación en la nube.
- Procesamiento: Internet de las cosas (IoT), robótica, impresión 3D y realidad virtual.
- Distribución: Big data, inteligencia artificial y blockchain.

Tabla 2. Apropiación de tecnologías 4.0 por tamaño de empresa en Colombia, 2020

| PILAR | TECNOLOGIA | NACIONAL | GRANDES | PYMES | MICROS |
|-----------------|-------------------------|----------|---------|-------|--------|
| INFRAESTRUCTURA | CIBERSEGURIDAD | 32,2% | 67,2% | 37,1% | 25,4% |
| | COMPUTACION EN LA NUBE | 19,1% | 48,8% | 22,9% | 13,6% |
| PROCESAMIENTO | INTERNET DE LAS COSAS | 9,0% | 14,8% | 9,3% | 8,2% |
| | ROBOTICA | 1,5% | 11,1% | 1,2% | 0,6% |
| | IMPRESIÓN 3D | 2,2% | 4,8% | 2,1% | 2,1% |
| | REALIDAD VIRTUAL | 1,0% | 1,7% | 0,9% | 1,0% |
| DISTRIBUCION | BIG DATA | 3,2% | 16,8% | 4,0% | 1,3% |
| | INTELIGENCIA ARTIFICIAL | 1,8% | 9,7% | 2,4% | 0,7% |
| | BLOCKCHAIN | 1,6% | 5,9% | 1,6% | 1,1% |

Nota: Fuente Caicedo, Ó. (2020).

El índice de adopción de tecnologías digitales por dimensión de empresa demuestra una distancia significativa existente entre las empresas grandes que cuentan con un promedio de apropiación superior al 50% y el resto de la estructura productiva que no supera el 30% en el pilar de infraestructura. En los campos de procesamiento y distribución no se cuenta con un índice de apropiación tan alto en las grandes empresas llegando a un máximo de 17%, pero nuevamente se evidencia una gran brecha en comparación de las medianas y pequeñas empresas el cual no supera el 4%, lo anteriormente descrito evidenciado en la tabla 2.

Este panorama es extremadamente importante en la medida en que argumenta que el foco de innovación, en lo que respecta a la adopción de tecnologías digitales avanzadas, está situado en la gran empresa colombiana.

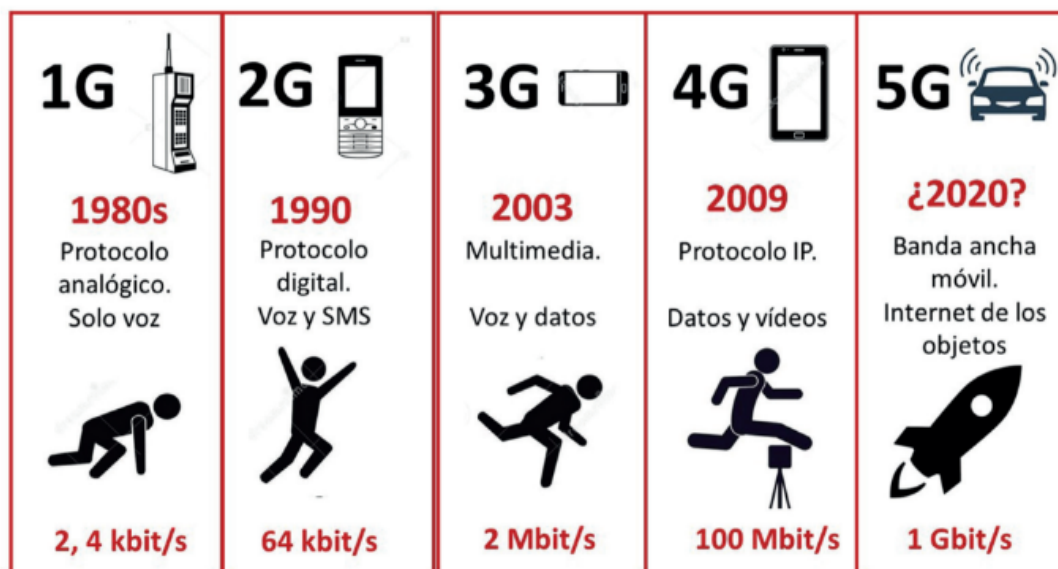
3.2.2. Industria 4.0

La “Cuarta Revolución Industrial”, así se conoce actualmente la Industria 4.0 la cual introduce las tecnologías digitales como un factor de integración entre la autonomía de procesos y la innovación. El impacto de esta transformación tecnológica potencializa la transformación industrial en aspectos productivos, mejorando el desempeño organizacional y la eficiencia operativa de los procesos ya existentes, el impacto global de esta

revolución industrial es considerado como un proceso de innovación sistematizado ya que modela la industria como un “Nuevo entorno totalmente integrado”. Cortes et al. (2017)

La evolución de la conectividad ha sido un factor importante en la progresión tecnológica, las telecomunicaciones que inicialmente eran por cable, ahora inalámbricas a cortas distancias y también telecomunicaciones vía satélite. En la última década la tecnología ha evolucionado tanto que actualmente un teléfono celular permita realizar llamadas telefónicas, tener acceso a internet, ver contenido audiovisual, tener geolocalización en tiempo real, entre otros. Lo cual ha llevado que en tan solo 40 años se haya logrado un avance de 5 generaciones en telefonía móvil estableciendo las telecomunicaciones como una parte importante de la Industria 4.0. (Garrell & Guilera, 2019).

Ilustración 10. Evolución de la telefonía Móvil hasta la 5G, 2019

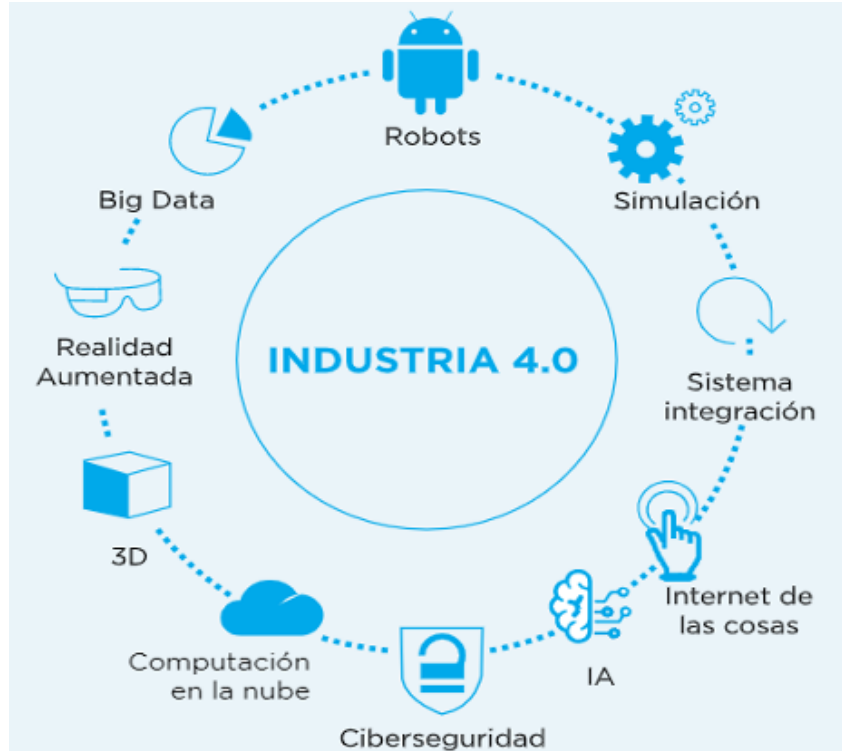


Nota: Ilustración que muestra la evolución de las 5 generaciones de la telefonía móvil desde la 1G hasta la 5G, Tomado de: Garrell & Guilera, (2019).

Si bien, una de las grandes novedades es que la conectividad globalizada ha alcanzado los “objetos” lo cual es posible a través del internet de las cosas (IoT) el cual permite que los sistemas digitales pueden interactuar entre sí y con los humanos en tiempo real, conectando así todo lo digital con el mundo físico; de la mano del acceso a internet la transformación digital conecta a todos los actores que intervienen en la industria

(empresas, gobiernos, instituciones educativas, consumidores, entre otros). (Basco, 2018). A continuación, en la ilustración 11 se muestran los pilares tecnológicos de la industria 4.0. los cuales se describen a continuación:

Ilustración 6. Pilares tecnológicos de la Industria 4.0, 2022



Nota: Ilustración que muestra los pilares tecnológicos de la industria 4.0, Tomado de: Ladino & Briceño, (2022).

Sistemas de Integración: este pilar posee sistemas de cómputo tanto software como hardware los cuales pueden interactuar con humanos a través de diferentes medios, adicionalmente posibilitan acceder a los datos y servicios disponibles internet, también realizan el monitoreo y control de los procesos físicos con el mundo virtual. (Ladino & Briceño, 2022)

Sistemas autónomos (Robots): este pilar comprende las máquinas inteligentes que automatizan tareas repetitivas, la integración de los medios físicos como sensores, actuadores, comunicación de interfaces van ligadas a la automatización de los procesos productivos de la industria. En este pilar también se encuentra la robótica colaborativa encaminada a las “fábricas inteligentes” donde el principal objetivo es la interconexión de todas las áreas de una empresa. (Ladino & Briceño, 2022)

Internet de las Cosas (IoT): este pilar agrupa una gran cantidad de dispositivos que se pueden conectar a internet, los cuales se relacionan entre sí, ya sean máquinas análogas, mecánicas o digitales, los cuales transmiten información a una red o redes sin tener interacciones máquina – humano. En este pilar el internet pasa a ser el eje principal de funcionamiento ya que a través de la web se recibe o transmite la información. (Ladino & Briceño, 2022)

Manufactura (3D): este pilar comprende todo lo correspondiente a modelados 3D, la fabricación de elementos o piezas a partir de diferentes procesos y materiales tomando como referencia inicial un diseño previo ya existente de forma virtual. Esto se realiza a partir de software especializados para este tipo de diseños que ya son muy comunes en la manufactura moderna. (Ladino & Briceño, 2022)

Big Data: este pilar comprende todo lo relacionado al análisis de datos, se utilizan diferentes procesos para el análisis de grandes cantidades de información utilizando diferente software, uno de los objetivos es la extracción, analizarla y tomar decisiones para mejora de indicadores o procesos de una empresa, permitiendo alcanzar mejores estándares de calidad de productos, servicios o procesos. (Ladino & Briceño, 2022)

Computación en la nube: este pilar utiliza la nube como medio de almacenamiento de informacional cual puede ser procesada en tiempo real y en cualquier parte del mundo. Se pueden utilizar mucho medio para alojar la información, como en servidores propios. En aplicaciones industriales es importante su implementación ya que se requieren accesos a información y procesamiento de esta. (Ladino & Briceño, 2022)

Simulación: este pilar es importante ya que permite representar virtualmente el funcionamiento de un proceso o la simulación de un conjunto de máquinas, esto ayuda a prevenir futuros fallos o errores y obtener un posible resultado final en un ambiente controlado. (Ladino & Briceño, 2022)

Inteligencia artificial: este pilar comprende todo lo asociado a programación, desarrollo de algoritmos para procesamiento de información, generando una tendencia de aprendizaje autónomo de la máquina, generándole un desarrollo conjunto de habilidades de lenguaje, cognitivas, planificación y

toma de decisiones frente a situaciones específicas o previamente programadas. (Saquicela, 2020)

Ciberseguridad: este pilar es uno de los más importantes ya que está enfocado hacia el uso, procesamiento y transmisión de la información también conocido como la seguridad digital, el cuidado de la información privada de una organización pero que sea accesible desde cualquier parte del mundo de forma segura. (Saquicela, 2020)

Realidad aumentada: este pilar hace parte de los recursos visuales que ayudan en el proceso de formación y ejecución de labores mediante escenarios controlados creados para simular el desarrollo de una labor o actividad específica. Estos sistemas combinan el modelado y la simulación proporcionando otras perspectivas de procesos, productos y servicios de una organización. (Saquicela, 2020)

3.2.3. Automatización en el sector industrial

Dentro del ámbito de la tecnología y sus progresos, se entiende por automatización el procedimiento que habilita a las máquinas para llevar a cabo una serie predefinida de operaciones de forma secuencial, mediante la utilización de dispositivos y sistemas que simplifican el control de diversas variables del proceso, reduciendo la intervención por parte de los humanos (Sánchez, 2014).

Redhat (2023) define que la automatización consiste en aplicar soluciones tecnológicas para desempeñar tareas con muy poca o sin intervención de una persona, estas mismas pueden ser introducidas sin importar el sector, pero en los que más comúnmente se pueden encontrar es en el manufacturero y soluciones de TI. Uno de sus principales fines es llevar a cabo tareas que se desarrollan de manera repetitiva, se subdivide en los siguientes tipos de automatización:

- Automatización de TI: También denominada automatización de la infraestructura se basa en el uso de software para desarrollar procesos que reemplacen o reduzcan la intervención humana. Estas herramientas de software funcionan con límites establecidos, para ejecutar las tareas.

- Automatización Empresarial y sus procesos: La automatización empresarial consiste en gestionar de manera conjunta los procesos empresariales (BPM) y las reglas comerciales (BRM), esto se lleva a cabo desarrollando aplicaciones con el fin de cumplir con la demanda del mercado. Paralelamente se encuentra la automatización de sus procesos (BPA) que son software's diseñados para ejecutar operaciones comerciales repetibles complejas, con el fin de optimizar los flujos de trabajo.
- Automatización robótica de los procesos (RPA): Es el uso de robots desplegados en herramientas tipo software para realizar tareas repetitivas optimizando el tiempo de su gestión. Son parte integral de las BPM.
- Automatización industrial: Es la aplicación que se suele encontrar en los diferentes sectores manufactureros e interviene directamente en las líneas de producción, reduciendo la intervención humana a labores de supervisión desde una interfaz hombre-maquina (HMI).
- Inteligencia artificial: La IA consiste en software desarrollado con algoritmos que realiza tareas normalmente llevadas a cabo por humanos, capaz de retroalimentarse con la información recolectada durante el desarrollo de estas.

Así mismo nos recalca la importancia de aplicar la automatización en el mundo actual, en el que la tecnología avanza cada día, las empresas se afrontan mayores retos. El desarrollo de herramientas TI tienen un papel fundamental, cuando se cuenta con una gestión de mejora continua, pero si no se mejoran a razón de los objetivos de las empresas pueden llegar a retrasar o frenar los procesos, ya que implica:

- Un mayor consumo de recursos dado la complejidad de las tareas.
- Los requisitos técnicos y la demanda sobre los recursos aumentan más rápido que las funciones empresariales.
- Las tecnologías como virtualización y cloud tienen una magnitud que resulta imposible llevar su control de forma manual.

Dado esto las soluciones en automatización se vuelven un aspecto de desarrollo estratégico con el fin de gestionar de una manera eficiente la infraestructura TI y con ello gestionar de manera eficiente la empresa. Redhat (2023) resalta que el propósito de automatizar las tareas no es remplazar a las personas, sino fomentar su formación y desarrollo de habilidades, con esto se logra que la intervención humana sea estrictamente para temas fundamentales de la operación y afrontar desafíos de mayor relevancia, conocido esto como la paradoja de la automatización. Al aplicar procesos automatizados las empresas pueden mejorar en aspectos como mayor productividad, mayor confiabilidad, control más sencillo, operar de manera ininterrumpida y una mayor seguridad.

3.2.4. Dinámica Laboral

En el año 2013 el informe *the future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?* realizado por la universidad de Oxford predijo que aproximadamente la mitad de los trabajos en Estados Unidos corren el riesgo de ser automatizados en los próximos 20 años, esto ha llevado a que diversos analistas y centros de investigación tengan como foco de estudio los efectos de la automatización en el campo laboral.

Siendo así Custodio A. (2021) en el informe *Previsión del impacto de la automatización y de las tecnologías de la cuarta revolución industrial (4RI) en el mercado de trabajo colombiano* plantea la siguiente metodología empírica con el fin de analizar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación y las características del mercado laboral, destacando dentro de este análisis explorar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación, las características del mercado laboral colombiano y la fuerza laboral que lo compone. Para lo cual se estima un modelo lineal tipo OLS especificado así:

$$W_i = \beta_j X_i + \gamma_j S_i + \delta_j Z_i + \epsilon_i \quad (1)$$

En la ecuación 1 encontramos que las variables están definidas así:

- W_i es la probabilidad de automatización de la ocupación i
- X_i son las características del mercado laboral como, por ejemplo: ingreso por hora, horas trabajadas, proporción de

vacantes que en su descripción requieren habilidades asociadas a las TIC's.

- Si es el índice de tareas asociadas a cada ocupación.
- Zi es un índice de especialización geográfica de las ocupaciones según el sector y la región en donde se encuentran ubicados los ocupados.
- ϵ_i es el término de error.

Hasta ahora, la integración de robots en América Latina y el Caribe ha sido escasa, esencialmente por el análisis de costos y beneficios que las empresas consideran para la adquisición de estos más que por sus capacidades técnicas. Desde 1980 la industria automotriz en los países de la OCDE ha sido de los principales sectores en implementar el uso de robots de manera efectiva en sus líneas de producción, sirviendo como ejemplo para diferentes industrias y países en desarrollo. La mayor densidad de robots, medida como el número de robots por cada mil trabajadores, se encuentra en países como Corea, Japón, Alemania y Estados Unidos, en contraste los países de América Latina y el Caribe están atrasados en esta tendencia, de los 387,000 robots vendidos globalmente en 2018, solo el 0.6% fueron a parar a esta región. (BID - Banco Interamericano de Desarrollo, 2020)

Es fundamental evaluar cómo el implementar procesos de automatización y/o apropiación de nuevas tecnologías influye en diversos factores que determinan la calidad de un empleo. A continuación detallamos los factores que se consideran más relevantes para esta investigación:

3.2.4.1. Formación

Según el informe presentado por Caicedo (2020) dado el número de estudiantes matriculados en programas de educación superior, que para la presente investigación nos enfocaremos en los niveles profesional, tecnólogos y técnicos, para el año 2019 eran 235.316 y 176.160 respectivamente, se observa que a medida que nivel educativo aumenta el número de matriculados disminuye drásticamente, podremos identificar desde que puntos se puede fortalecer los programas educativos, dada la incursión de nuevas tecnologías en la industria y los retos a los cuales se enfrentan los profesionales que muchas veces son de áreas transversales.

Shamim (2016) afirma que aún es prematuro prever problemas de empleo derivados de la llegada de la Industria 4.0, es muy probable que los trabajadores tengan que fortalecer su formación o desarrollar habilidades diferentes o totalmente nuevas.

Si bien esto podría generar un aumento en las tasas de empleo, también podría marginar a un amplio segmento de la fuerza laboral, aquellos trabajadores cuyas tareas son repetitivas y rutinarias enfrentarán grandes dificultades para conservar sus empleos. Es necesario implementar modelos educativos innovadores y distintos, aunque esto no solucionará completamente el problema para los trabajadores de mayor edad. Este es un desafío estructural que, debido a su complejidad, podría tardar mucho tiempo en resolverse. (MinTic, 2019)

3.2.4.2. Salarial

Muy de la mano del factor anterior se encuentra el factor salarial, según el informe presentado por Alianza por la Inclusión Laboral (2022) los salarios más altos se encuentran en los niveles de educación superior (Técnico, tecnólogo y profesional), pero llama la atención que la mayor parte de la fuerza laboral cuenta con los niveles de ingreso más bajos, dado que su nivel educativo llega máximo a básica secundaria, es allí donde se debe implementar acciones para mejorar las condiciones de accesibilidad.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2020) afirma que es necesario desarrollar planes de carrera con el fin de fortalecer la formación y adecuar las habilidades de los trabajadores, de modo que dado el caso que su labor sea automatizada puedan ser reubicados dentro de la misma empresa y poder desempeñarse en una nueva labor, trayendo consigo una mejora en el salario que perciben.

3.2.4.3. Desarrollo de la jornada laboral

Según el informe del Programa De Las Naciones Unidas Para el Desarrollo (2022) los trabajos en los cuales se desarrollan tareas repetitivas y que las mismas demandan un mayor tiempo de ejecución, tienen un índice de hasta 10 veces más posibilidades a ser automatizadas en comparación a las labores desarrolladas por profesionales, personal con entrenamiento de habilidades o aquellas laboras que requieren la interacción personal. El

Instituto Nacional De Seguridad afirma que las tareas con movimientos repetitivos son comunes en casi todas las industrias, siendo un factor en la aparición de lesiones musculoesqueléticas, las cuales son una de las principales causas de enfermedades de origen laboral.

Mas allá del panorama de reemplazar a los trabajadores por robots en las labores que desempeñan, hay también de un efecto de complementariedad. Recientemente en muchos sectores se viene observando el auge de los denominados 'cobots' o robots colaborativos, este término hace referencia a robots diseñados para funcionar con la intervención humana con el fin de ejecutar labores complementarias (BID - Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). Esto influye directamente en la reducción de la carga de trabajo para los empleados, permitiéndoles realizar sus tareas más eficientemente y con menos esfuerzo.

3.3. MARCO CONCEPTUAL

Automatismo: Es un sistema automatizado el cual es programado para actuar de forma automática sin intervención humana, modifica un proceso ante los cambios que se presenten en su propio funcionamiento, realizando acciones para cumplir con la función para la que fue diseñado y programado. Sanchis et al. (2010)

Automatización: La automatización consiste en controlar la evolución de los procesos limitando la intervención continua humano - maquina. Para lo cual se implementa un sistema de monitoreo, supervisión y control para todos los componentes y variables que intervienen y coexisten en un proceso o planta. (Pérez, 2015)

Control de procesos: El control de procesos puede realizarse de forma manual en la cual hay una interacción humana – maquina (H+M) y realizarse de forma automática mediante una programación previa a la maquina para que ejecute una labor específica, este va acompañado por un monitoreo continuo que verifica el estado garantizando un funcionamiento eficiente y constante. (Adam, 2020)

Demanda de empleo: La demanda de empleo representa al recurso humano en búsqueda de trabajo y que se encuentran con disponibilidad inmediata para ser contratadas por un empleador. La demanda de empleo varía según el mercado laboral y la economía del sector. (Garay, 2018)

Economía: es una ciencia que estudia el comportamiento del ser humano en materia de producción, consumo y distribución de bienes y servicios, teniendo en cuenta los recursos limitados, la oferta y la demanda de los mismos. (Garay, 2018)

Educación: La educación es la formación integral de personas enfocada en la adaptación del ser humano al medio que lo rodea, el objetivo principal es la preparación para vivir en sociedad. En la actualidad la conforman distintos niveles como lo son la educación inicial, la preescolar, la básica, la media y la educación superior. (MEN, 2024)

Educación superior: según el Ministerio de educación Nacional (MEN) la educación superior se divide en dos niveles, el primero es el pregrado que está dividido en tres subniveles de formación (Técnico, tecnológico y profesional). El segundo es el posgrado que esta subdividido en los niveles (especializaciones, maestrías y doctorados). (MEN, 2024)

Empresa altamente innovadora: es aquella que realiza actividades encaminadas a la innovación de un bien o servicio, manejan una matriz de procesos establecidos para la ejecución de procesos específicos. Así mismo la introducción en el mercado de productos y servicios con algún grado de mejora, y la tenencia de una unidad de investigación, desarrollo e innovación. (MinCiencias, 2023)

Empresa innovadora: es aquella sobresale por la implementación de nuevos procesos, creación de nuevos productos y servicios que le permiten generar competitividad en la industria. (MinCiencias, 2023)

Empresas innovadoras en sentido amplio: son aquellas empresas que elaboraron un nuevo bien o servicio, o le generaron alguna mejora en el mercado nacional o para la organización, también si ejecutaron procesos que mejoraron algunas de las líneas de producción. (DANE, 2016)

Empresas innovadoras en sentido estricto: son aquellas empresas que elaboraron un nuevo bien o servicio, o le generaron alguna mejora en el mercado internacional. (DANE, 2016)

Empresas no innovadoras: son aquellas empresas que en un periodo determinado no han presentado mejoras o innovaciones a un proceso o proyecto. (DANE, 2016)

Empresas potencialmente innovadoras: son aquellas empresas que han reportado alguna innovación en proceso de desarrollo o tener pendiente la continuidad de algún proceso de innovación. (DANE, 2016)

Grandes empresas: Entidades económicas cuyos ingresos anuales por actividades habituales medidos en UVT's superan el límite superior de las medianas empresas en los sectores manufacturero, de servicios y comercial. Cuentan con un número superior a 250 empleados (MINCOMERCIO, 2019).

Industria 4.0: Hace alusión a la cuarta revolución industrial, que implica la fusión de tecnologías de vanguardia como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos en los procesos industriales con el objetivo de alcanzar una mayor eficiencia y flexibilidad. (Perez y Lopez, 2015)

Industria manufacturera: Sector que se enfoca en convertir materiales, sustancias o componentes en nuevos productos a través de procesos físicos o químicos. Las materias primas provienen de diferentes sectores productivos como el agricultor, ganadero, silvicultor, pesquero, minero, así como de procesos de producción intermedios. Por lo general, se considera que la modificación, renovación o reconstrucción de productos son actividades pertenecientes a la manufactura (CIIU Rev 4. A.C, 2012).

Ingresos: Se refiere al valor económico, ya sea en forma de dinero o bienes, que recibe una entidad económica a cambio de ofrecer un servicio, vender bienes a otras entidades económicas, o derivado de otras fuentes que tienen relación directa o indirecta con su actividad económica (ONU, 2010).

Inteligencia Artificial (IA): Desde que Alan Turing ideó la Prueba de Turing, científicos e investigadores han estado esforzándose por crear una

computadora capaz de emular el funcionamiento del cerebro humano. A lo largo del tiempo, aquellos científicos que aspiraban a automatizar el proceso de toma de decisiones humano han explorado el uso de redes neuronales y algoritmos, fueron estos pioneros quienes dieron origen a lo que hoy conocemos como inteligencia artificial. (Agudelo, Tano y Vargas, 2020)

IoT: Internet of Things o en español Internet de las Cosas, es uno de los conceptos más destacados en la industria tecnológica recientemente, se fundamenta en la conexión de diversos dispositivos o elementos a la vasta red de Internet. (Galvis, 2018)

Mediana empresa: Entidades económicas que tienen ingresos anuales por actividades habituales que son superiores a 204.995 UVT e inferiores o iguales a 1'736.565 UVT para el sector manufacturero, sean superiores a 131.951 UVT e inferiores o iguales a 483.034 UVT en el sector de servicios y sean superior a 431.196 UVT e inferior o igual a 2'160.692 UVT. Cuentan con un numero de 50 a 250 empleados. (MINCOMERCIO, 2019).

Mercado laboral: Se trata del ámbito donde empleadores y trabajadores buscan oportunidades laborales. Es el espacio donde se intercambian, ofrecen y solicitan puestos de trabajo. En este contexto, las empresas buscan contratar personal para satisfacer sus necesidades laborales, mientras que los individuos buscan empleo para obtener ingresos y avanzar en sus trayectorias profesionales. (Rodriguez, 2013)

Microempresa: Estas entidades económicas tienen ingresos anuales por actividades habituales inferiores o iguales a 23.563 UVT para el sector manufacturero, 32.988 UVT para el sector servicios y 44.769 UVT para el sector comercio. Cuentan con un grupo no mayor a 10 empleados. (MINCOMERCIO, 2019).

MinCiencias: Acrónimo que hace referencia al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, entidad gubernamental de orden nacional que lidera la política pública y promueve la ciencia, la tecnología y la innovación. (MinCiencias, 2022)

MinTic: Acrónimo para referirse al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, entidad gubernamental de orden

nacional dedicada a desarrollar proyectos tecnológicos en todas las regiones del país. MinTic (2023)

OCDE: Acrónimo para referirse a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, la cual es una organización internacional que promueve la implementación de políticas con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de los países miembros. (OCDE, 2018)

Optimización de la cadena de suministro: Proceso que se lleva a cabo con la implementación de automatización en la industria, lo que contribuye a aumentar la eficacia en el manejo de la cadena de suministro, desde la obtención de materias primas hasta la distribución de productos acabados. (Escaño, 2019)

Pequeña empresa: Estas entidades económicas tienen ingresos anuales por actividades habituales que oscilan entre 23,563 y 204,995 UVT para el sector manufacturero; entre 32,988 y 131,951 UVT para el sector servicios; y entre 44,769 y 431,196 UVT para el sector comercial. Además, cuentan con un equipo de entre 11 y 49 empleados. (MINCOMERCIO, 2019).

Planta manufacturera: Estas entidades, comúnmente referidas como plantas o fábricas, se encargan de convertir materias primas en productos finales. Pueden llevar a cabo la fabricación por sí mismas o subcontratar a otras entidades para que realicen el proceso de manufactura en su nombre. Ambos tipos de unidades están clasificadas dentro del sector de las industrias manufactureras. (CIIU Rev.4.AC., 2020).

Personal ocupado: Este grupo comprende a los empleados contratados directamente por la empresa o mediante agencias especializadas, así como a los propietarios, socios y familiares que no reciben un salario fijo por su labor. (DANE, 2019).

Robótica industrial: Se refiere al empleo de robots programables en ambientes industriales para llevar a cabo diversas tareas. Estos robots pueden desempeñar funciones como ensamblaje, soldadura, paletización, pintura, inspección, entre otras. (Perez y Lopez, 2015)

Robot: La FIR se refiere al robot industrial como un manipulador versátil controlado automáticamente y con capacidad de reprogramación o programación en tres o más ejes. (Agudelo, Tano y Vargas, 2020)

SNCTI: Acrónimo para referirse al Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, el cual se encarga de dirigir un conjunto dinámico que engloba políticas, estrategias, programas, métodos y herramientas destinados a dirigir, fomentar, financiar, salvaguardar y difundir la investigación científica y la innovación tecnológica. (MinCiencias, 2020)

Salario: Es el pago económico que un empleador ofrece a un empleado por los servicios o trabajo que éste realiza en la empresa u organización. Constituye un aspecto fundamental de la relación laboral y suele acordarse previamente entre ambas partes, ya sea mediante un contrato formal o de manera implícita. (Garay, 2018)

Unidad I+D+i: Dependencia de una empresa que se dedica a gestionar todas las actividades en el campo de la investigación, el Desarrollo y la innovación.

3.4. MARCO LEGAL

La continua industrialización en Colombia y el aumento de las relaciones comerciales entre las distintas comunidades ha puesto de manifiesto la necesidad de implementar y actualizar un sistema jurídico basado en acuerdos multilaterales que tomen en consideración la realidad económica y comercial. En la actualidad existe una normatividad que rige el cumplimiento de las empresas vinculadas al sector industrial y económico en Colombia.

- Decreto 1072 de 2015:

Regula las condiciones laborales de los trabajadores en el país y su propósito es establecer las obligaciones de los empleadores para que se garantice un ambiente de trabajo seguro con la implementación de un sistema de gestión en salud y seguridad en el trabajo (Ministerio del trabajo, 2015).

- Resolución 2346 de 2007:

Regula la realización de evaluaciones médicas ocupacionales, con el fin de examinar y monitorear la exposición a factores de riesgos de los trabajadores (Ministerio de la Protección Total, 2015), dado que las tareas con movimientos repetitivos son comunes en la mayoría de los sectores productivos, estas mismas en gran porcentaje pueden dar lugar a lesiones musculoesqueléticas, las cuales son una de las principales causas de enfermedad de origen laboral (Instituto Nacional De Seguridad, n.d.).

- Decreto 767 de 2022:

La Política de Gobierno Digital tiene como objetivo hacer que la tecnología sea accesible, fácil de usar y beneficiosa para los usuarios, facilitando la interacción segura, responsable y predecible entre todos los participantes involucrados en la política, incluidos los ciudadanos, el gobierno, el sector privado y la academia (MinTic, 2022).

- Decreto 088 de 2022:

Regula la digitalización y automatización de trámites en línea para facilitar el ejercicio de derechos y el cumplimiento de obligaciones con el Estado y su realización en línea (MinTic, 2022).

4. DISEÑO METODOLOGICO

4.1. Tipo de investigación

Esta investigación se clasifica como descriptiva y correlacional, ya que el problema a resolver implica recopilar datos existentes y observar cómo estos han cambiado a lo largo del tiempo e identificar la relación entre la adopción de nuevas tecnologías y la dinámica laboral del país.

4.2. Enfoque investigativo

El enfoque de la investigación es de carácter mixto, dado que se realiza recolección y análisis de datos numéricos y estadísticos sobre adopción tecnológica y dinámicas laborales, esto con el fin de analizar cómo la adopción de nuevas tecnologías en el sector industrial colombiano ha transformado las dinámicas laborales y la relación entre tecnología y empleo en el país.

4.3. Fases del proyecto

4.3.1. Fase 1.

Desarrollar una revisión bibliográfica para evaluar la evolución tecnológica en el sector industrial colombiano, recolectando datos estadísticos e históricos acerca de la implementación de nuevas tecnologías en el país, estableciendo un orden cronológico.

Con la información obtenida en estudios e informes de MinTic (2023), DANE para los años 2016, 2017 y 2018 y el informe de Caicedo Alarcón, Ó. (2020), se ordenarán los datos obtenidos basados en los tres pilares que conforman la industria 4.0 como se realiza en el informe Colombia y la nueva revolución industrial Propuestas del Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0. en Colombia y la nueva revolución industrial, así mismo se clasificarán las empresas de acuerdo con su tamaño según lo establecido por Mincomercio (2019).

4.3.2. Fase 2.

Realizar una revisión bibliográfica de informes y estudios realizados a nivel nacional con el fin de recolectar datos numéricos y estadísticos acerca de la evolución en la generación de empleo y los niveles salariales en el sector industrial colombiano, antes de la implementación de nuevas tecnologías, esto con el fin de identificar tendencias y establecer una línea base de comparación.

Con la información aportada por los informes de Alianza por la Inclusión Laboral (2022), DANE para los años 2016,2017 y 2018, Caicedo, Ó. (2020), BID - Banco Interamericano De Desarrollo (2020), Custodio, A. (2021), aunado con los resultados obtenidos de la fase anterior, se establecerá el periodo de tiempo en el cual no se había iniciado la implementación de la industria 4.0 en el país, esto con el fin de establecer una línea base de comparación, evaluar la posibilidad de que un empleo expuesta en el marco teórico de esta investigación y poder sectorizar la fuerza laboral del país de acuerdo a su edad, nivel educativo y nivel de ingresos.

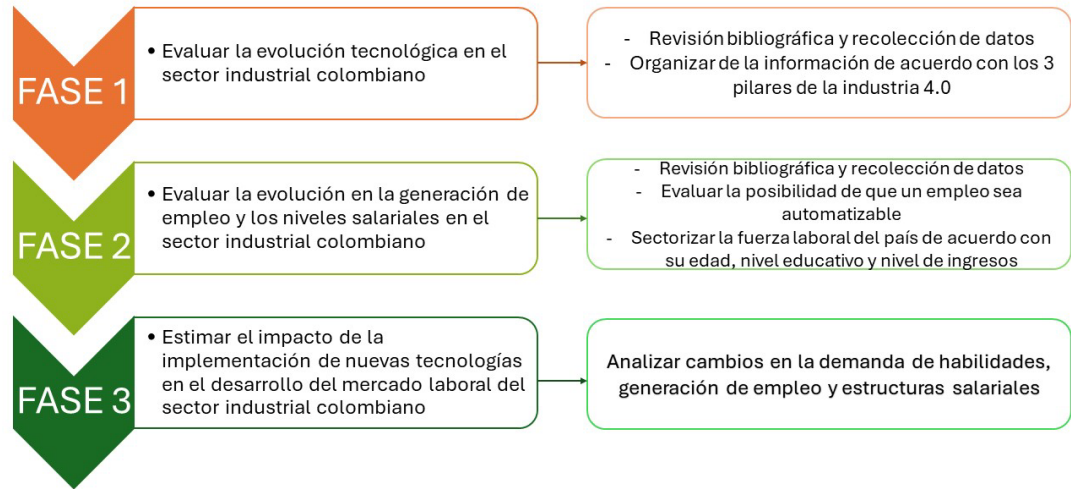
4.3.3. Fase 3.

Relacionar los datos recolectados en las fases 1 y 2 con el fin de estimar el impacto de la implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo del mercado laboral del sector industrial colombiano, analizando cambios en la demanda de habilidades, generación de empleo y estructuras salariales con el fin de evidenciar los resultados de la presente investigación.

Analizar y relacionar los resultados de las fases 1 y 2 junto con los informes elaborados por BID - Banco Interamericano De Desarrollo (2020), Custodio, A. (2021), Banco de la República (2023), Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (2022), con el fin de determinar los efectos en el mercado laboral, determinando la probabilidad de que una persona pierda su empleo formal y la probabilidad de que un trabajador encuentre un empleo, donde se divide a la población entre jóvenes y adultos mayores, esto dado a su capacidad de aprendizaje y adaptación al cambio, se clasifica la población de acuerdo a su nivel educativo con el fin de determinar el entrenamiento de nuevas habilidades laborales o el reposicionamiento en un nuevo cargo laboral de acuerdo a sus capacidades. Contrastando estos resultados con los aportados por el DANE

podremos determinar los cambios en la generación de empleo y las estructuras salariales. En la ilustración 11 se encuentra un esquema grafico de las fases ya mencionadas junto con un resumen de su desarrollo.

Ilustración 11. Diagrama metodológico, 2024



Nota: Con la fase 1 se busca ordenar los datos obtenidos basados en los tres pilares que conforman la industria 4.0 y se clasificarán las empresas de acuerdo con su tamaño, en la fase 2 se establecerá el periodo de tiempo en el cual no se había logrado la implementación de la industria 4.0, con el fin de establecer una línea base de comparación, evaluar la posibilidad de que un empleo sea automatizable y poder sectorizar la fuerza laboral del país y en la fase 3 se evaluara los resultados obtenidos para determinar la probabilidad de que una persona pierda su empleo formal y la probabilidad de que un trabajador encuentre un empleo, determinar el entrenamiento de nuevas habilidades laborales o el reposicionamiento en un nuevo cargo laboral de acuerdo a sus capacidades, Tomado de Fuente propia (2024).

5. RECURSOS DISPONIBLES

En la tabla 3, se presenta la cantidad de recursos a usar para el desarrollo de esta investigación.

Tabla 3. Recursos disponibles y costos

| Cantidad | Rubro | Detalle | Unidad | Valor | Valor Total |
|-----------------|---|-------------------------|---------------|--------------|--------------------|
| 2 | Personal | Estudiante Investigador | Hora | \$20.000 | \$3.200.000 |
| 1 | Personal | Director | Ciclo | \$528.000 | \$1.056.000 |
| 2 | Laptop | Uso | Hora | 0* | 0* |
| 58 | Libros, bases de datos, folletos, guías, entre otros. | Investigación | Cantidad | 0** | 0** |
| 1 | Impresiones, fotocopias y Empaste | Documento Final | Monografía | \$50.000 | \$50.000 |

Nota: Los valores expresados se encuentran en pesos colombianos, *NA- No aplica, dado que se usó laptops personales, ** Se define el valor en 0 ya que se utilizaron fuentes gratuitas. Tomado de fuente propia (2024).

6. CRONOGRAMA

Tabla 4. Cronograma

EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y EMPLEO EN COLOMBIA: UN ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS NUEVAS
TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

UNIAGRARIA

Andres Felipe Hernandez Pinto - Fredy Yesid Cante Garzon

| Descripción del hito | Asignado a | Progreso | Finalización | 2024 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|--|
| | | | | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 3 | SEMANA 4 | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 1 | SEMANA 2 | | | | |
| Diseño Metodológico | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Fase 1 | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Revisión bibliográfica | AH | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Recopilación de datos | FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Organización de la información | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Fase 2 | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Revisión bibliográfica | AH | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Recopilación de datos | FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Organización de la información | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Fase 3 | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Recopilación de resultados | FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Informe final | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |
| Desarrollo del documento | AH-FC | 100% | 15/04/24 | | | | | | | | | | | | |

Nota: Fuente propia (2024).

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, E. (2020). Instrumentación y control de procesos: notas de clase.
- Agudelo, N., Tano, G., & Vargas, C. A. (2020). Historia de la automatización. Bogota. Accessed: Nov, 1.
- Alianza por la Inclusión Laboral. (2022). Informe nacional de empleo inclusivo INEI 2021-2022. Retrieved from https://www.fundacioncorona.org/sites/default/files/documentos_tecnicos/CORONA_INEI__2022_Nacional_o pt.pdf.
- Ardila, M. (2012). Potencia regional secundaria en definición: Colombia entre Sur y Centroamérica. *Papel político*, 17(1), 293-319.
- Automatización Eléctrica y Eficiencia Energética (15 de octubre de 2023), Festo Inc. Retrieved from https://www.festo.com/co/es/e/soluciones/automatizacion-electrica/eficiencia-energetica-en-la-industria-automatizacion-electrica-y-norma-iso-50001-id_1753988/.
- AYALA SANTANDER, G. M. (2021). Plan de Asignatura y Plan de Unidad de Aprendizaje, INTRODUCCION A LA AUTOMATIZACION INDUSTRIAL.
- Banco de la Republica. (2023). ¿Aceleró la pandemia el proceso de automatización en Colombia? Retrieved from <https://www.banrep.gov.co/es/blog/acelero-pandemia-proceso-automatizacion-colombia>.
- Bartodziej, C. J. (2017). The concept industry 4.0. An empirical analysis of technologies and applications in production logistics. Berlin: Springer.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0: fabricando el futuro (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- BID - Banco Interamericano De Desarrollo. (2020). El futuro del trabajo en America Latina y el Caribe, Cual es el impacto de la automatizacion en el empleo y los salarios.

Caicedo Alarcón, Ó. (2020). Colombia y la nueva revolución industrial Propuestas del Foco de Tecnologías Convergentes e Industrias 4.0. In Colombia y la nueva revolución industrial. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

CIIU Rev 4. A.C. (2020). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas CIIU Rev 4. A.C-División 52. Bogotá.

Cortés, C. B. Y., Landeta, J. M. I., Chacón, J. G. B., Pereyra, F. A., & Osorio, M. L. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia tecnológica*, (54).

Cuartas, G. (2019). Sector textil colombiano y su influencia en el desarrollo de la economía del país.

Cuellar Paula. (2022). El impacto de la automatización, más allá de las fronteras - Factor Trabajo. Retrieved from <https://www.valoraanalitik.com/2022/12/07/la-automatizacion-de-procesos-en-colombia-potencia-su-empr esa-un-51-porciento/>.

Custodio, A. (2021). Previsión del impacto de la automatización y de las tecnologías de la cuarta revolución industrial (4RI) en el mercado de trabajo colombiano.

DANE. (2016). Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica en los sectores Servicios y Comercio. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/edit/Pres_EDIT_servicios_2014_2015.pdf.

DANE (2020). Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT). Tomado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit>

DANE (2023). Encuesta de Tasa global de participación, ocupación y desocupación del año 2023. Tomado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

Deloitte (2017). Forces of change: Industry 4.0.

Duran, M. (2012) El estudio de caso en la investigación cualitativa. Revista Nacional de Administración. 3 (1), 121-134.

Duričin, D. & Herceg, I. V. (2018). Industry 4.0 and Paradigm Change in Economics and Business Management. In: Ni, J. et al. (Eds.): AMP 2018, LNME, pp. 37–56.

Elion. (n.d.). Industria 4.0. Retrieved from <https://www.elion.es/tecnologias/industry40/>.

Empleo y desocupación Información agosto 2023 (2023), DANE. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>.

Empresa Altamente Innovadora. Documento de política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación No. 1602, p. 17. (23 de may. de 2022)

ESCAÑO GONZÁLEZ, JUAN., NUEVO GARCIA, ANTONIO, & GARCÍA CABALLERO, JAVIER (2019). Integración de sistemas de automatización industrial. Ediciones Paraninfo, SA.

Ferreira, J. G. (2023). El impacto de la inteligencia artificial en los trabajadores despedidos por automatización de servicios. CES Derecho, 14(3), 62-81.

Galeano, M. E. (2020). Diseño de proyectos en la investigación cualitativa. Universidad Eafit.

Gallardo E. (2019). Brechas y asimetrías que emergen en la era digital, ¿nuevas formas de exclusión? Revista Electrónica de Investigación Educativa, 21(3), 1-3. Retrieved from <http://redie.uabc.mx/redie/article/view/2909>.

Galvis, O. L. P., & Palacio, G. (2018). Impacto de las nuevas tecnologías de “industry 4.0” en Colombia. LOGINN Investigación Científica y Tecnológica, 2(2).

Garay, S. (2018). Economía naranja colombiana en tiempos modernos. Ploutos, 7(2), 34-41.

Garrell, A., & Guilera, L. (2019). La industria 4.0 en la sociedad digital. Marge books.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Bangkok, Nonthaburi, Thailand: Apress.

Instituto Nacional De Seguridad Y Salud En El Trabajo. (n.d.). Trabajos repetitivos. Retrieved from <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos/carga-de-trabajo/trabajos-repetitivos>.

Interempresas. (n. d.). En 2020 se instalarán más de 1,7 millones de nuevos robots industriales en todo el mundo. Retrieved from <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/213173-En-2020-se-instalaran-mas-de-1-7-millones-de-nuevos-robots-industriales-en-todo-el-mundo.html>.

Kalpakjian, S. & Schmid, S. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. Pearson prentice hall.

Kotlar, J., & De Massis, A. (2013). Goal setting in family firms: Goal diversity, social interactions, and collective commitment to family-centered goals. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 37(6), 1263–1288. <https://doi.org/10.1111/etap.12065>.

Kugler, A., Kugler, M., Ripani, L., & Rodrigo, R. (2020). U.S. Robots and their Impact in the Tropics: Evidence from Colombian Labor Markets. NBER Working Papers.

Ladino Fernandez, J. M., & Briceño Barrero, D. L. (2022). *Industria 4.0: el reto para las Pymes manufactureras de Bogotá*.

Línea de tiempo sobre la evolución de la industria en Colombia. (n.d.). Retrieved from https://coggle.it/diagram/XVFM3KxJ-xJKb_b2/t/linea-de-tiempo-evolución-de-la-industria-en-colombia

Maldonado-Pinto, J. E., & Portilla-Barco, L. F. (2020). Procesos de innovación en la industria manufacturera colombiana (Innovation Processes in the Colombian Manufacturing Industry). *Revista CEA*, 6(11).

Mayor, A. (2017). El nacimiento de la industria colombiana. Retrieved from <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-151/el-nacimiento-de-la-industria-colombiana>.

Minciencias. (2023). GUIA TECNICA PARA EL RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA ALTAMENTE INNOVADORA. Retrieved from https://www.minciencias.gov.co/sites/default/files/m304pr08g02_guia_tecnica_para_el_reconocimiento_empresa_altamente_innovadora_eai_v00.pdf.

Mincomercio. (2019). DECRETO 957 DE 05 JUNIO DE 2019. Retrieved from <https://www.mipymes.gov.co/temas-de-interes/definicion-tamano-empresarial-micro-pequena-median>.

Ministerio de Educación. (2024). ¿Qué es la educación? Retrieved from <https://www.mineducacion.gov.co/portal/Educacion-superior/Informacion-destacada/196477:Que-es-la-educacion-superior>.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic). Boletín trimestral del sector TIC - Cifras tercer trimestre de (2023) Tomado de <https://colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-propertyvalue-754338.html>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic), 2019. ASPECTOS BÁSICOS DE LA INDUSTRIA 4.0. Retrieved from https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic), 2023. 26 empresas TI colombianas ya tienen la marca Colombia TI que las identifica en el mercado internacional Retrieved from <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/7949:26-Empresas-TI-colombianas-ya-tienen-la-marca-Colombia-TI-que-las-identifica-en-el-mercado-internacional>.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic), 2021. Colombia avanza en su meta de estar conectada en un 70 % en 2022: DANE <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/182108:Colombia-avanza-en-su-meta-de-estar-conectada-en-un-70-en-2022-DANE>

Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072 de 2015. Retrieved from <https://www.mintrabajo.gov.co/normatividad/decreto-unico-reglamentario>

Nieto, E. C. (2006). Manufactura y automatización. Ingeniería e investigación, 26(3), 120-128.

Niño-Ruiz, E. D., Allain, J. P., Montoya, J. A., Mejía Arango, J. L., Eisenhauer, M., Noriega, M. D. P., ... & Osswald, T. (2020). Colombia y la nueva revolución industrial.

Núñez, A. G. (2021). Manufactura y construcción, entre los sectores que más utiliza la automatización-Diario La República. Retrieved from <https://www.larepublica.co/especiales/tecnologia-e-industria-2021/manufactura-y-construccion-entre-los-sectores-que-mas-utiliza-la-automatizacion-3202925#:~:text=El%20covid%2D19%20impact%C3%B3%2083,la%20Inteligencia%20Artificial%20de%2076%25>.

OCDE (2018) “¿Qué es la OCDE?” Disponible en: <https://www.oecd.org/acerca/>

Paéz Castaño, M. C. (2022). La inteligencia artificial y su influencia en el mercado laboral colombiano.

Pastrana, D. A. D., Pimiento, N. N., & Bueno, C. A. T. (2022). Economic impact of automation in maintenance processes for the manufacturing industry in Colombia: a bibliographical review. *Ingeniería Solidaria*, 18(2), 1-36.

Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), pág-3.

Portafolio. (2021). ‘La automatización industrial es clave para la reactivación’ | Economía | Portafolio. Retrieved from <https://www.portafolio.co/economia/la-automatizacion-industrial-es-clave-para-la-reactivacion-economica-548181>.

Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. (2022). Automatización Del Mercado Laboral Colombiano. Retrieved from <https://www.undp.org/es/colombia/speeches/automatizacion-mercado-laboral-colombiano>.

Redhat. (2023). La automatización. Retrieved from <https://www.redhat.com/es/topics/automation>.

Rengifo, L., & Carvajal, S. (2021). Impactos de la Gran Recesión Económica del 2008 al 2019 en Colombia, México y Brasil.

Roig, C. (2017). Industria 4.0: la cuarta (re)evolución industrial. *Harvard Deusto business review*, 266, 64-70. Recuperado el 03 de 05 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5909151>

Rodríguez, J. (2013). Determinantes de la demanda de empleo en el sector manufacturero colombiano, 2000-2010. *Lecturas de Economía*, (79), 45-72.

Salkin, C., Oner, M., Ustundag, A. & Cevikcan, E. (2018). A Conceptual Framework for Industry 4.0. In: Ustundag, A. and Cevikcan, E. (Ed). *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Berlín: Springer. Pág: 3 – 23.

Sánchez, C. (2014). AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ: CONCEPTOS Y PROCESOS. *Palabras Clave-Industria Automotriz*.

Sánchez Guzmán, D. (2019). Implicaciones de la industria 4.0 en la educación superior. *Innovación Educ*, 19, 39-63.

Sánchez, R. (2012). Características de producción y empleo en la industria en Colombia. VII Jornadas de Sociología de la UNLP. Departamento de Sociología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, La Plata.

Sanchis Llopis, R., Romero Pérez, J. A., & Vicent Ariño, C. (2010). *Automatización industrial*. Universitat Jaume I.

Saquicela, J. L. S. (2020). Transformación digital de la industria 4.0. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(8), 1344-1356.

Shamim, S., Cang, S., Yu, H. & Li, Y. (2016). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. In 2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC) (pp. 5309-5316). IEEE.

Sterman, A. (2021). CÓMO CREAR MARCAS QUE FUNCIONEN: Las herramientas de las grandes consultoras internacionales aplicadas al mundo de los emprendedores, pequeñas y grandes empresas. Nobuko.

Universidad de Oxford. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? Retrieved from <https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>.