



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia

2021

PREVISIÓN DEL IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (4RI) EN EL MERCADO DE TRABAJO COLOMBIANO

Fedesoft

THE ASPEN INSTITUTE

GLOBAL OPPORTUNITY
YOUTH NETWORK: BOGOTÁ

EL FUTURO ES JOVEN

PREVISIÓN DEL IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (4RI) EN EL MERCADO DE TRABAJO COLOMBIANO

Conpes 3975 de 2019

Política de Transformación Digital e Inteligencia Artificial

Ángel Custodio Cabrera Báez
Ministro del Trabajo

Andrés Felipe Uribe Medina
Viceministro de Empleo y Pensiones

Martha Liliana Agudelo Valencia
Directora de Generación y Protección del Empleo y Subsidio Familiar

Oscar Fabián Riomaña Trigueros
Subdirector de Análisis, Monitoreo y Prospectiva Laboral

Equipo técnico

Ángel Ricardo Peña
Jeisson Arley Cárdenas
Diana Isabel Londoño Aguirre
Yanet Peña Marín
Ruth Marina Colmenares Baena
María Paula Sánchez Triana

Con el apoyo de Departamento Nacional de Planeación (DNP)
Alta Consejería para la Innovación y la Transformación Digital de Presidencia de la
República

Federación Colombiana de la Industria de Software y Tecnologías Informáticas
Relacionadas (Fedesoft)

Global Opportunity Youth Network (GOYN) Bogotá

Tabla de contenido

Introducción.....	5
SECCIÓN A. COMPONENTE CUANTITATIVO.....	8
1. Revisión de la Literatura.....	9
2. Metodología de Aplicación para el Análisis de los Efectos de la Digitalización y Automatización Sobre el Mercado Laboral Colombiano.....	12
3. Resultados encontrados para el ejercicio de digitalización y automatización en el mercado laboral colombiano.....	18
3.1 Número de empleados.....	18
3.2 Distribución geográfica.....	19
3.3 Estructura de la posición ocupacional.....	20
3.4 Horas trabajadas promedio.....	21
3.5 Ingresos laborales reales medianos por hora.....	22
3.6 Estructura del nivel educativo.....	24
3.7 Tasa de informalidad.....	25
3.8 Acceso a internet.....	25
4. Ocupaciones TIC: Ocupaciones de especialistas en TIC y ocupaciones intensivas en tareas de TIC.....	28
4.1 Número de empleados.....	28
4.2 Distribución geográfica.....	29
4.3 Estructura de la posición ocupacional.....	31
4.4 Horas promedio.....	32
4.5 Ingresos laborales promedio.....	32
4.6 Estructura del nivel educativo.....	33
4.7 Tasa de informalidad.....	34
4.8 Acceso a internet.....	34
5. Enfoque de la automatización y tareas/skill en el mercado laboral colombiano.....	35
SECCIÓN B. COMPONENTE CUALITATIVO.....	44
6. Descripción de metodología utilizada.....	45
7. Revisión de fuentes secundarias sobre la industria 4.0.....	46
7.1 Modelos de gestión para la industria 4.0.....	46
7.2 Demanda de competencias gerenciales claves.....	50
7.3 Formación y educación para la industria 4.0.....	50
8. ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS O FACTORES DE CAMBIO EN LA INDUSTRIA 4.0 ..	51
8.1 Computación en la nube.....	52
8.2 Computación cuántica.....	53
8.3 Impresiones 4D.....	54
8.4 Realidad virtual.....	54
8.5 Inteligencia Artificial.....	55
8.6 IoT (Internet of Things).....	58
8.7 Blockchain.....	60
8.8 Robótica.....	63
8.9 Realidad Aumentada.....	63

8.10	Redes 5G.....	65
8.11	Impresiones 3D.....	66
8.12	Análisis de competencias para los cargos altamente demandados en el mercado laboral.....	68
9.	Análisis de resultados de las entrevistas aplicadas.....	70
9.1	Análisis de cargos demandados por las empresas, principales necesidades y falencias en capital humano de las principales tecnologías de la industria 4.0 en Colombia	70
9.1.1	Computación en la nube.....	71
9.1.2	Inteligencia Artificial.....	79
9.1.3	Internet de las cosas (IoT).....	85
9.1.4	Blockchain.....	89
9.1.5	Robótica.....	90
9.1.6	Impresiones 3D.....	92
10.	Análisis de las vacantes e inscritos relacionados con la industria 4.0.....	94
11.	Conclusiones, limitaciones y oportunidades.....	96
12.	Anexos.....	98
13.	Referencias.....	116

Índice de figuras

Figura 1.	Porcentaje de trabajadores en distintos sectores intensivos en digitalización (2015-2019).....	18
Figura 2.	Mapa del porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización.....	20
Figura 3.	Porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización por posición ocupacional.....	21
Figura 4.	Horas trabajadas semanales en distintos sectores intensivos en digitalización	21
Figura 5.	Ingreso real laboral por hora en distintos sectores intensivos en digitalización	22
Figura 6.	Ingreso real mediano por hora por nivel educativo.....	23
Figura 7.	Porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización por nivel educativo.....	24
Figura 8.	Tasa de informalidad en distintos sectores intensivos en digitalización (2015 -2019).....	25
Figura 9.	Acceso a internet en distintos sectores intensivos en digitalización (2015 - 2019).....	26
Figura 10.	Tasa de acceso a internet a nivel hogar entre 2015 y 2019.....	27
Figura 11.	Mapa del porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TICs....	30
Figura 12.	Mapa del porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas TIC.....	30
Figura 13.	Porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TIC por nivel ocupacional.....	31
Figura 14.	Porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas de TIC por nivel ocupacional.....	31
Figura 15.	Horas trabajadas semanales por grupos ocupacionales TIC.....	32
Figura 16.	Ingreso laboral por hora en grupos ocupacionales TIC.....	32
Figura 17.	Porcentaje de trabajadores en ocupaciones de especialistas en TIC por nivel	

educativo.....	33
Figura 18. Porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas de TIC por nivel educativo.....	33
Figura 19. Tasa de informalidad en grupos ocupacionales TIC.....	34
Figura 20. Acceso a internet en grupos ocupacionales TIC.....	35
Figura 21. Score probabilidad de automatización según clasificación ocupacional CIUO 08 A.C.....	36
Figura 22. Nivel educativo según categoría de automatización.....	41
Figura 23. Tipo de ocupado según categoría de automatización.....	41

Índice de Tablas

Tabla 1. Revisión de estudios relacionados con el impacto de la automatización en el mercado laboral.....	10
Tabla 2. Ocupaciones especialistas en TIC y número de trabajadores en miles.....	28
Tabla 3. Ocupaciones intensivas en tareas TIC y número de trabajadores.....	29
Tabla 4. Score automatización según clasificación ocupacional CIUO 08 A.C a 1 dígito.....	37
Tabla 5. Score automatización según rama de actividad económica.....	38
Tabla 6. Score automatización según región geográfica.....	39
Tabla 7. Distribución de género por categoría de automatización.....	40
Tabla 8. Ingresos medios según categoría de automatización.....	42
Tabla 9. Relación entre probabilidad de automatización y variables del mercado laboral colombiano.....	43
Tabla 10. Descripción de las tendencias para la tecnología computación en la nube.....	52
Tabla 11. Descripción de las tendencias para la tecnología inteligencia artificial.....	56
Tabla 12. Descripción de las tendencias para la tecnología IoT.....	59
Tabla 13. Descripción de las tendencias para la tecnología blockchain.....	61
Tabla 14. Descripción de las tendencias para la tecnología impresiones 3D.....	67
Tabla 15. Vacantes en ocupaciones relacionadas con la 4RI.....	94
Tabla 16. Inscritos en ocupaciones relacionadas con la 4RI.....	95
Tabla 17. Número de empleados por rama de actividad y nivel de digitalización.....	98
Tabla 18. Número de empleados por rama de actividad y nivel de digitalización.....	104

Introducción

La velocidad y amplitud de los cambios estructurales que se están presentando a nivel demográfico, científico, tecnológico, cultural, social y económico; implican desafíos constantes para los empleadores, los empleados, las instituciones educativas y los gobiernos. Todo esto sucede al tiempo en que los avances tecnológicos aceleran la dinámica económica de la globalización, con la rápida obsolescencia del conocimiento y la renovación veloz de productos y procesos que llevan a la transformación de las expectativas generacionales.

Una observación clave es que esta forma de cambio tecnológico ha dejado al mercado de trabajo en el foco de debate sobre la desigualdad, ya que el contenido de la tarea del trabajo (la naturaleza rutinaria del trabajo, las habilidades cognitivas requeridas, etc.) se mide típicamente en el nivel ocupacional (Autor et al., 2003; Autor et al., 2006; Goos & Manning, 2007). Convirtiendo a las ocupaciones en un canal empírico clave a través del cual podemos evaluar cómo afecta el cambio tecnológico a la estructura del empleo en un país. Una muestra de esto es un estudio realizado por Osborne & Frey (2017), quienes aseguran que el 47% de los empleos pueden considerarse con alto riesgo de ser automatizados en los próximos 10 o 20 años.

Otro de los trabajos pioneros en esta línea es realizado por Autor y Dorn (2009) para los Estados Unidos, reconoce que los cambios tecnológicos, la interacción entre las preferencias de los consumidores y el costo, cada vez menor de la automatización, han llevado a patrones de polarización de empleo y salarios. Siendo estos últimos, impulsados por la interacción entre las preferencias de los consumidores, que favorecen variedad en la especialización; y el progreso tecnológico. Asimismo, el análisis de los impactos tecnológicos requiere la clasificación del empleo en ocupaciones de acuerdo con diferentes tipos de tareas, como las propuestas por Autor et al., (2003).

Con el fin de integrar a los análisis de mercado laboral y caracterización ocupacional para Colombia, esta primera parte del trabajo se enfoca en el componente cuantitativo con un ejercicio descriptivo a nivel sectorial y ocupacional en donde se mide la transformación digital que ha sufrido el país entre 2015 y 2019. Asimismo, se intenta explorar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación y las características del mercado laboral colombiano y la fuerza laboral que lo compone.

Para dar respuesta a dichos interrogantes, este trabajo propone como metodología, el emparejamiento de una serie de medidas de automatización, skills e impacto tecnológico a nivel de ocupación y sector, con las cuales son posible hacer un ejercicio descriptivo e inferencial bajo una especificación lineal. Dicha metodología se estima a partir de la utilización de la Gran Encuesta Integrada de Hogares -GEIH- de 2015 a 2019.

Si bien existe un número importante de estudios en esta línea, la mayoría se concentran en países desarrollados donde el mercado laboral tiene un comportamiento diferente al que se presenta en los países en desarrollo. En donde, factores como la informalidad, la

volatilidad de los ciclos económicos y los diferentes niveles de industrialización juegan un papel fundamental. Además, un reto importante de este estudio consiste en extrapolar los aprendizajes de los análisis realizados para países en desarrollo en cuanto la definición y cuantificación de la automatización, tareas-habilidades y digitalización en un primer componente cuantitativo que se presenta además de la presente introducción, donde se describe los principales hallazgos de trabajos previos sobre la automatización y digitalización de las ocupaciones, la metodología utilizada en detalle, los resultados obtenidos y, por último, algunas de las limitaciones y oportunidades para próximos ejercicios.

Junto con este componente cuantitativo, este estudio realiza una exploración cualitativa teniendo en cuenta que la llegada de las nuevas tecnologías de la 4RI trae consigo la existencia de brechas de capital humano, consideradas como una de las principales problemáticas para el desarrollo social y productivo de un país. El hecho de que el talento humano carezca de competencias para el empleo y que no exista una adecuada sincronía entre la oferta de educación y formación con los requerimientos de la demanda laboral, son razones de peso que le confieren a este tema un lugar especial en las agendas gubernamentales que buscan la construcción de estrategias encaminadas al cierre de dichas brechas.

Según el estudio de escasez de talentos de Manpower Group¹, el 54% de las empresas en Colombia manifestaron tener dificultades para conseguir los perfiles o habilidades que necesitan. Esto es un factor limitante no sólo para la ventaja competitiva de cualquier sector económico sino también una barrera para la empleabilidad de la fuerza de trabajo.

Siendo conscientes de esta situación, en el marco del Conpes 3975 de 2019, Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial, el Ministerio del Trabajo ha aunado una serie de esfuerzos con aliados como el SENA, Fedesoft, Accenture, GOYN Bogotá, Invest in Bogotá y ProBogotá para desarrollar un estudio sobre la previsión del impacto de la inteligencia artificial y, en general de la 4RI en el mercado laboral que genere evidencia para la creación de políticas públicas en el tema. Esto servirá como insumo para la toma de decisiones de gestión de talento humano y el fortalecimiento de la formación requerida para las labores que sean susceptibles de ser automatizadas.

Para ello, en el componente cualitativo de este estudio se hace una descripción de la metodología de identificación y medición de brechas de capital humano empleada, haciendo énfasis en algunas modificaciones realizadas a la metodología original a causa de la coyuntura de la pandemia. Acto seguido, se presenta una revisión de fuentes secundarias sobre la industria 4.0, siendo en su mayoría estudios aplicados en países desarrollados, en los cuales se plantea la importancia de replantear los enfoques o modelos de gestión para volver a las empresas más eficientes, asimismo, se muestra los resultados de algunos análisis en cuanto a educación y formación, demanda de competencias gerenciales y prácticas de recursos humanos para la 4RI.

¹ ManPower Group (2020). Escasez de Talentos 2020.

A partir del análisis de prospectiva laboral, se hace un análisis de las tecnologías o factores de cambio en la industria 4.0, se muestra los resultados de una revisión de fuentes secundarias, consultas realizadas a los aliados y de las entrevistas aplicadas a empresarios y expertos de instituciones relacionadas con el sector tecnológico. Se presentan las tecnologías priorizadas, las tendencias específicas identificadas y validadas en las entrevistas y los cargos altamente demandados en el mercado laboral a partir de estudios consultados. Con esto, se realiza un análisis de los resultados de las entrevistas aplicadas a los empresarios e instituciones que ofrecen servicios y productos tecnológicos, en el cual se identifica los cargos demandados, en transformación, los que aumentarán y perderán demanda por las empresas, y sus descriptores, igualmente, se presentará las principales necesidades y falencias en capital humano en cada una de las tecnologías priorizadas.

Este aspecto se complementa con un análisis de las vacantes e inscritos relacionados con la industria 4RI. Se realiza una priorización de las ocupaciones demandadas por las empresas de servicios tecnológicos y se analiza su comportamiento en cuanto a crecimiento y participación para los periodos de análisis, igualmente, se revisa la existencia o no de brechas entre el número de vacantes e inscritos.



SECCIÓN A.

COMPONENTE

CUANTITATIVO

1. Revisión de la Literatura

A nivel internacional, se han realizado distintos estudios que tienen como foco principal la evaluación del impacto de la automatización sobre el empleo, considerando principalmente tres tipos de escenarios: a) Aquellos empleos que están en riesgo de desaparecer, dado que sus skills son potencialmente automatizables y reemplazables por la adopción de las nuevas tecnologías, b) Los empleos nuevos o emergentes que pueden surgir con el desarrollo o implementación de nuevas tecnologías y c) Los empleos existentes en la actualidad que pueden ser objeto de transformación, en sus skills o capacidades, para las nuevas tecnologías.

El informe “The Future of Jobs” del Foro Económico Mundial (2019), plantea lo que se considera como el impacto de las 3As: AI (Inteligencia Artificial, por sus siglas en inglés), Automatización y Analítica como el motor de transformación que actualmente está marcando la transición del mundo hacia la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0 o 4RI). Con la introducción de este tipo de tecnologías no sólo se afectará el ritmo de vida cotidiana, sino también la forma en que desenvuelven las relaciones de trabajo, lo cual abarca el tipo de trabajo o la naturaleza de las ocupaciones que desempeñamos, la organización del lugar de trabajo, así como el tipo de tareas y habilidades que se requieren para su ejecución. Se estima, por ejemplo, que para el año 2025, la división del trabajo entre humanos, máquinas e inteligencia artificial será del 48% para las personas y del 52% para las máquinas o algoritmos.

Si bien la mayor parte de estudios apuntan a que la introducción de tecnologías tenderá a reemplazar el trabajo humano, hay quienes dicen que existen mecanismos que compensan esta transición natural e irreversible a la que se está enfrentando el mercado laboral. La divergencia entre las teorías radica en que tan automática es la aparición de estos mecanismos que lograrían restablecer el pleno empleo en el mercado laboral, puesto que algunas teorías afirman que este fenómeno es transitorio y el pleno empleo se alcanza de manera automática, mientras otras teorías consideran la rigidez de precios, los límites en la sustitución de factores, el comportamiento de la demanda, entre otros limitantes para el restablecimiento del equilibrio en el mercado de trabajo².

Un estudio realizado por la Secretaría de Política Sindical de España (2018) realiza una compilación de los principales estudios que se han hecho a nivel internacional sobre el impacto de la automatización sobre el mercado laboral en distintos países donde, en términos generales, se prevé un deterioro en el volumen de empleos debido, principalmente, a que la mayor parte de los mismos son de naturaleza operativa, de baja cualificación y cuyas tareas tienen una alta probabilidad de ser automatizables, lo cual puede apreciarse en la Tabla 1.

² Minian, I. Martínez, Á. (2018). El impacto de las nuevas tecnologías en el empleo en México. Problemas del desarrollo, vol. 49, núm. 195.

Tabla 1. Revisión de estudios relacionados con el impacto de la automatización en el mercado laboral

Estudios/Autores	Volumen del empleo	Calidad del empleo	Periodo
La digitalización: ¿crea o destruye empleo? Randstad	1.250.000 nuevos empleos	Deterioro	2016-2022
El trabajo del futuro. AFI, Observatorio ADEI y Google	Más de 2.000.000 de nuevos empleos netos	Deterioro	2016-2025
The future of employment: How susceptible are jobs to computerization? Frey, Osborne	3.409.299 empleos menos	Deterioro	2023/2033
Artificial Intelligence, Automation, and the Economy. Executive Office of the President	Reducción de varios millones empleos (netos)	Fuerte deterioro	2023/2033
The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. Arntz, Gregory, Zierahn	1.624.904 empleos en alto riesgo de desaparecer	Deterioro	No se especifica
	5.145.531 empleos en riesgo medio de maquinización		
	2.942.161 empleos en riesgo por su nivel educativo		
	2.785.550 empleos en riesgo por su nivel de ingresos		
Automation and independent work in a digital economy. OCDE	4,25 millones de trabajadores verán automatizadas, parte de sus tareas (entre 50-70%)	Deterioro	No se especifica
Automation, skills use and training. OCDE	5,8 millones de trabajadores verán automatizadas, parte de sus tareas (entre 50-70%)	Fuerte deterioro (-4,3% en los salarios por cada 10% de automatización)	No se especifica
	2,7 millones de trabajadores verán automatizadas una gran parte de sus tareas (>70%)		
Trouble in the Making? World Bank	947.861 empleos menos	N/A	No se especifica
The Impact of New Technologies on Jobs in Mexico	Aproximadamente 64.5% de los empleos manufactureros tienen un riesgo alto de ser automatizados Se encontró una correlación negativa entre el nivel de calificación y el riesgo de automatización, ya que mientras 70% del empleo de calificación baja enfrenta un riesgo alto de automatización, sólo 40% de los trabajadores altamente calificados se encuentran en esta situación.	Deterioro	No se especifica

Estudios/Autores	Volumen del empleo	Calidad del empleo	Periodo
A future that Works: automation, employment and productivity. McKinsey Global Institute	8,7 millones de empleos potencialmente automatizables (4,3 millones a tiempo completo)	Deterioro	2017-2030
PwC Young Workers Index 2017. PwC	5,8 millones empleos menos	N/A	2017-2030
Employment and Social Developments in Europe. Annual Review 2018. Comisión Europea	6.112.736 empleos completamente automatizables	Aumento de la polarización, a costa de los puestos de trabajo con habilidades intermedias	Próxima década
	5.725.854 empleos parcialmente automatizables		
Will robots really steal our jobs? PwC	580.323 empleos menos	N/A	2018-2024
	4.062.261 empleos menos		2018-2030
	6.576.994 empleos menos		2018-2035
Harnessing revolution: Creating the future workforce. Accenture	Una adecuada formación reduciría drásticamente el volumen de empleo afectado y la desigualdad laboral.		

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el reporte del Foro Económico Mundial (2018) señala que la introducción de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 traerá consigo un mayor campo de oportunidades laborales para las personas, en áreas con gran proyección como la economía del cuidado, el desarrollo de nuevas tecnologías de la información, la inteligencia artificial y las energías renovables. El problema es que, con ello, aunque aumentaría el número de puestos de trabajo disponible, no lo haría en el mismo sentido el número de buscadores de empleo que puedan ocupar dichas vacantes, debido a que pueden generarse brechas de habilidades dada su falta de entrenamiento o de respuesta para manejar las nuevas tecnologías que demanda el desempeño de este tipo de puestos de trabajo.

En esta línea, es importante mencionar que el impacto de la automatización dependerá de las características de contexto y la idiosincrasia del mercado laboral de las economías, pues de esto depende la agilidad para la introducción de nuevas tecnologías, en la medida en que el país sea productor o no de ellas, el nivel de adaptación de la industria y la cantidad de empleos que se encuentren en riesgo alto de ser sustituidos por la tecnología o automatizados. En este contexto, variables como el nivel educativo y las diferentes habilidades adquiridas son una herramienta para disminuir el riesgo de automatización³.

³ OECD (2017). Future of work and skills. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Paper presented at the 2nd Meeting of the G20 Employment Working Group. Hamburg, Germany.

2. Metodología de Aplicación para el Análisis de los Efectos de la Digitalización y Automatización Sobre el Mercado Laboral Colombiano

Las secciones anteriores de este documento han caracterizado el estado del arte con relación a la evaluación de las dinámicas del mercado laboral y su relación con los procesos de automatización. Esta literatura evidencia el incipiente uso de metodologías cada vez más refinadas y estandarizadas para el análisis de grandes cantidades de información. De lo anterior que se realce la necesidad y el interés de comenzar a explorar las fuentes de información disponibles para el mercado colombiano a partir de las metodologías más recientes encontradas en la literatura.

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo se subdivide en tres grandes fases. La primera involucra una propuesta para la asignación de la clasificación a nivel ocupacional de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones adaptada para Colombia (CIUO 08 A.C), en la segunda se realiza un ajuste e imputación de las diferentes medidas de automatización, skill/tareas y digitalización a nivel de cada una de las ocupaciones a cuatro dígitos y finalmente se realiza un ejercicio inferencial a partir de un modelo lineal con el objetivo de explorar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación y las características del mercado laboral colombiano y la fuerza laboral que lo compone.

La fuente de información que se utiliza es la Gran Encuesta Integrada de Hogares -GEIH- para los años 2015 a 2019⁴. Esta encuesta contiene información sobre condiciones socioeconómicas, con particular énfasis laboral, que se concentra en el componente de oferta del mercado de trabajo. Un componente primordial e innovador de los datos, consiste en utilizar unas fuentes de información adicional que provienen de los trabajos realizados por Autor et al. (2003) y Autor & Dorn (2013)⁵, Frey & Osborne (2016)⁶ y OCDE (2019)⁷. Estas bases de datos cuentan con puntajes para cada una de las ocupaciones, en términos de automatización, nivel de digitalización y tareas (interactiva (interpersonal) no rutinaria, cognitiva rutinaria, manual rutinario, analítica no rutinaria y manual no rutinario) (Londño, 2019) que contiene cada una de las ocupaciones definidas en el catálogo de ocupaciones estadounidense. Se utilizan estas bases de datos, debido a que en Colombia no existe una fuente de datos de ocupaciones que relacione estas medidas.

⁴ El período de referencia se eligió según la disponibilidad de datos. Además, no se utilizaron los datos para 2020 debido a ajustes provisionales que sufrió la encuesta por causa de la pandemia por COVID-19.

⁵ Estas medidas (scores), según los autores, se construyen a partir de análisis multivariado de componentes principales, en donde se agrupan una serie de competencias definidas para cada una de las ocupaciones del catálogo de ocupaciones estadounidense -SOC-, del diccionario de títulos ocupacionales y la clasificación ocupacional O*NET (ver Autor et al., 2003; Autor & Dorn., 2013).

⁶ Proponen una medida que recoge la probabilidad de automatización para cada ocupación. Para esto, los autores hacen uso del modelo de tareas de Autor et al. (2003), que asume que el trabajo se divide en trabajo susceptible a ser remplazado por tecnología y maquinaria, y trabajo no susceptible.

⁷ Este trabajo propone una taxonomía para la clasificación de los sectores y las ocupaciones especializadas e intensivas en TIC.

Esta adaptación de la información constituye un paso importante para el desarrollo del objetivo general de este trabajo. A continuación, se detalla cada una de estas fases.

- **Fase 1. Asignación de la clasificación ocupacional a la encuesta de hogares en Colombia.**

La GEIH es la principal fuente de información del mercado laboral. Sin embargo, esta encuesta, hasta el momento, provee información acerca de la ocupación de las personas (ocupados o desocupados) por medio de la Clasificación Nacional de Ocupaciones SENA (CNO) 1997 la cual no posee una correlativa directa con la CIUO 08. Este hecho genera la necesidad de la ejecución de esta Fase 1 debido a que la taxonomía propuesta por OCDE (2019) para la clasificación en ocupaciones especialistas e intensivas en TIC la imparte desde la visión CIUO 08, únicamente. Para solventar este particular se utilizó y reclasificó el texto reportado por la persona ocupada (ex-ante el código CNO 70 es asignado) de acuerdo con la CIUO 08 a cuatro dígitos. Esto permitirá identificar adecuadamente a los ocupados que se desempeñen en ocupaciones relacionadas con las TIC como lo sugiere la OCDE (2019).

El proceso de clasificación en ocupaciones CIUO 08 sigue la metodología utilizada en Cárdenas (2020). En términos generales, comprende un proceso de clasificación manual, utilización de clasificadores automáticos y la aplicación de algunas técnicas de machine learning. Estos clasificadores automáticos cuentan con un conjunto de reglas tales como palabras rebajadas, extremos de palabras equivalentes, abreviaturas, palabras de sustitución, alternativas de palabras, etc., que revelan las mejores coincidencias entre los oficios de GEIH y las clasificaciones ocupacionales con las correspondientes puntuaciones de similitud.

Finalmente, y de manera complementaria se utilizan técnicas de machine learning como el vecino más cercano y técnicas de text mining para la identificación de habilidades que ayudan a clasificar a las observaciones que no fueron correctamente clasificadas en las primeras etapas. Sin embargo, los métodos automáticos de clasificación pueden fallar a la hora de clasificar algunos puestos que aparecen y, en consecuencia, la calidad de la codificación podría verse afectada principalmente por la clasificación errónea. Por tanto, después de realizar la clasificación automática, para mejorar la calidad de asignación se realiza una revisión y corrección manual de los títulos ocupaciones que pudieron estar incorrectamente codificados.



- **Fase 2. Ajuste e imputación de las medidas de automatización, digitalización y skill/tarea**

- » **Sectores digitalmente intensivos**

En la taxonomía de sectores digitalmente intensivos, la OCDE (2018) clasifica a los grupos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) en cuatro tipos de sectores: alto, medio - alto, medio - bajo y bajo. La asignación de cada uno de los sectores CIIU a 2 dígitos en alguno de los cuatro tipos de digitalización está basada en la construcción de un índice sustentado en los siguientes pilares: inversión en software, inversión tangible en TICs, bienes de TIC intermedios, servicios de TIC intermedios, uso de robótica, ingresos por ventas online y especialistas en TICs. Una vez obtenido este indicador, aquellos sectores que se encuentren en el cuartil superior serán aquellos que pertenezcan al segmento “alto” de los sectores digitalmente intensivos, lo propio ocurriría para los sectores ubicados en los otros tres cuartiles (ver Tabla 10, Anexo).

- » **Ocupaciones de especialistas e intensivas en tareas de TIC**

Las ocupaciones intensivas en tareas de TIC se caracterizan por su tendencia a desempeñar actividades de TIC que van desde el simple uso de Internet hasta la programación computacional. Entre los puestos de alto uso de TIC se encuentran los grupos CIUO 08 a tres dígitos: Directores de administración y servicios (ocupación CIUO 121); Directores de ventas, comercialización y desarrollo (122); Directores de servicios de tecnología de la información y las comunicaciones (133); Directores y gerentes de servicios profesionales (134); Físicos, químicos y afines (211); Ingenieros en electrotecnología (215); Arquitectos, urbanistas, agrimensores y diseñadores (216); Profesores de universidades y de la enseñanza superior (231); Especialistas en finanzas (241); Especialistas en organización de administración (242); Profesionales de las ventas, la comercialización y las relaciones públicas (243); Desarrolladores y analistas de software y multimedia (251); Especialistas en bases de datos y en redes de computadores (252), y Técnicos en operaciones de tecnología de la información y las comunicaciones y asistencia al usuario (351) (OCDE, 2019).

Las ocupaciones especialistas en TIC se definen por los tres dígitos de los CIUO 08: Directores de administración y servicios (121); Directores de ventas, comercialización y desarrollo (122); Directores de servicios de tecnología de la información y las comunicaciones (133); Directores y gerentes de servicios profesionales (134); Físicos, químicos y afines (211); Ingenieros en electrotecnología (215); Arquitectos, urbanistas, agrimensores y diseñadores (216); Profesores de universidades y de la enseñanza superior (231); Especialistas en finanzas (241); Especialistas en organización de administración (242); Profesionales de las ventas, la comercialización y las relaciones públicas (243); Desarrolladores y analistas de software y multimedia (251); Especialistas en bases de datos y en redes de computadores (252), y Técnicos en operaciones de tecnología de la información y las comunicaciones y asistencia al usuario (351) (OCDE, 2019).

» Automatización y skill/tarea

El proceso de asignación de los indicadores de probabilidad de automatización y los indicadores de skill/tareas se realiza siguiendo los trabajos de Londoño (2019), Frey & Osborne (2017) y Autor et al. (2003) y Handel & Autor (2013). En donde uno de los trabajos pioneros en este tema fue el desarrollado por Autor et al., (2003) para los Estados Unidos; el cual propuso una clasificación de los trabajos en términos de la intensidad de tareas. Estos autores realizan un análisis conceptual y descriptivo sobre el enfoque de las tareas; llegando a la conclusión de que este, está relacionado con la oferta de skill, la tecnología, las oportunidades de comercio, la demanda agregada de skill, la asignación de competencias a las tareas y la evolución de las primas salariales. En este trabajo, se construye una medida para cada una de las categorías de tareas⁸ mencionadas con anterioridad; las cuales están asociadas a una ocupación del Diccionario de Títulos Ocupacionales -DOT- y posteriormente al Occupational Information Network -O*NET-⁹.

Por otra parte, trabajos posteriores al de Autor et al., (2003) utilizan la misma categorización de tareas propuesta por estos autores; con el objetivo de ahondar en investigaciones relacionadas con el desajuste de habilidades (desajuste vertical, desajuste horizontal, brechas de habilidades, escasez de habilidades y obsolescencia de habilidades). Por otra parte, y adicional a lo encontrado por Autor et al. (2003) y Handel & Autor (2013), se ha encontrado a través de otros estudios, que la diferencia de las tareas es un determinante en la prima salarial; y de forma específica, las tareas rutinarias se asocian de manera negativa y significativa con los salarios (Girsberger, 2018; Goos et al., 2014; Goos & Manning, 2007; Firpo et al., 2011; Dustmann et al., 2009; Antonczyk et al., 2009). Posteriormente, Bachmann (2018) y Bizopoulou (2017) resaltan que la exposición a trabajos con un mayor contenido de rutina se asocia con un mayor riesgo de perder el empleo tanto a corto plazo (después de un año) como a mediano plazo (cinco años).

Finalmente, en los últimos años ha surgido una serie de literatura (Djumalieva et al., 2018; Ikudo et al., 2018; Djumalieva & Sleeman, 2018; Turrell et al., 2018; Lima & Bakhshi, 2018) que han propuesto nuevas metodologías en torno a la aplicación de métodos de procesamiento de lenguaje natural para clasificar las ocupaciones y categorizar las tareas; adaptando estas a las características propias de los mercados laborales de cada país. Estos trabajos, permiten no solo, mejorar la captura de la información en torno a las competencias demandadas por las empresas y las competencias ofertadas por los buscadores; sino que también, se ha vuelto indispensable en los análisis económicos. Ya que describen los cambios estructurales causados por el avance tecnológico, la automatización, la globalización y el cambio en las leyes de inmigración.

Otros autores como Frey & Osborne (2017) siguen un proceso similar al anteriormente mencionado. Estos autores usan procesos Gaussianos de clasificación para adjudicarle a

⁸ Las tareas son medidas en una escala de 0 a 10, en donde cada una de las categorías se construye a través de la metodología de componentes principales, involucrando una serie de subindicadores para cada categoría, perteneciente a medidas capturadas a través de las clasificaciones ocupacionales; en este caso particular de O*NET. Para mayor detalle de los componentes de cada categoría de tarea véase a Autor et al., 2003, Acemoglu & Autor (2011) y Autor (2013).

⁹ Es una clasificación ocupacional estadounidense construida a partir de la Clasificación Ocupacional Estándar -SOC-.

cada una de las 702 ocupaciones presentes en su fuente de información una probabilidad de ser automatizado. Frey & Osborne (2017) realizan las cualidades de utilizar algoritmos de clasificación por sobre otro tipo de modelos que se podrían pensar para la clasificación de ocupaciones automatizables. Específicamente, los autores parten de regresiones probabilísticas que les permiten establecer relaciones lineales entre ciertas características de las vacantes. El proceso Gaussiano omite las restricciones que impone la linealidad mediante el supuesto de distribuciones de probabilidad no paramétricas para la función latente o discriminante.

A esta parte del proceso autores como Frey & Osborne (2017) le dan alta importancia, ya que la elección de la muestra de entrenamiento puede ser causa de sesgos en las estimaciones si no llega a ser representativa del mercado. Para esto los autores corren sus estimaciones con diferentes muestras de entrenamiento y reportan los resultados promedio de las estimaciones como una forma de garantizar la robustez de los resultados.

Para consolidar la información proveniente de la base de datos de los puntajes de skill/tarea y de la probabilidad de automatización se sigue la misma metodología utilizada en Londono (2019) con la base de datos colombiana; se construye una fuente de información de correlativas ocupacionales con un nivel de desagregación a cuatro dígitos. Inicialmente la base de puntajes se encuentra bajo la clasificación del Censo de Clasificaciones Ocupacionales -OCC- de EE. UU. Y la de automatización se encuentra clasificada según la clasificación O*NET y la GEIH bajo la CIUO 08 A.C.



- **Fase 3. Metodología empírica para analizar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación y las características del mercado laboral**

En el marco del ejercicio intenta explorar la relación entre la probabilidad de automatización de una ocupación y las características del mercado laboral colombiano y la fuerza laboral que lo compone. Para esto se estima un modelo lineal tipo OLS con la siguiente especificación:

Donde:

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

W_i es la probabilidad de la automatización de la ocupación i

X_i son características del mercado laboral como, por ejemplo: ingreso por hora, horas trabajadas, proporción de vacantes que en su descripción requieren habilidades asociadas a las TICs.

S_i es el índice de tareas/skill asociadas a cada ocupación.

Z_i 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.



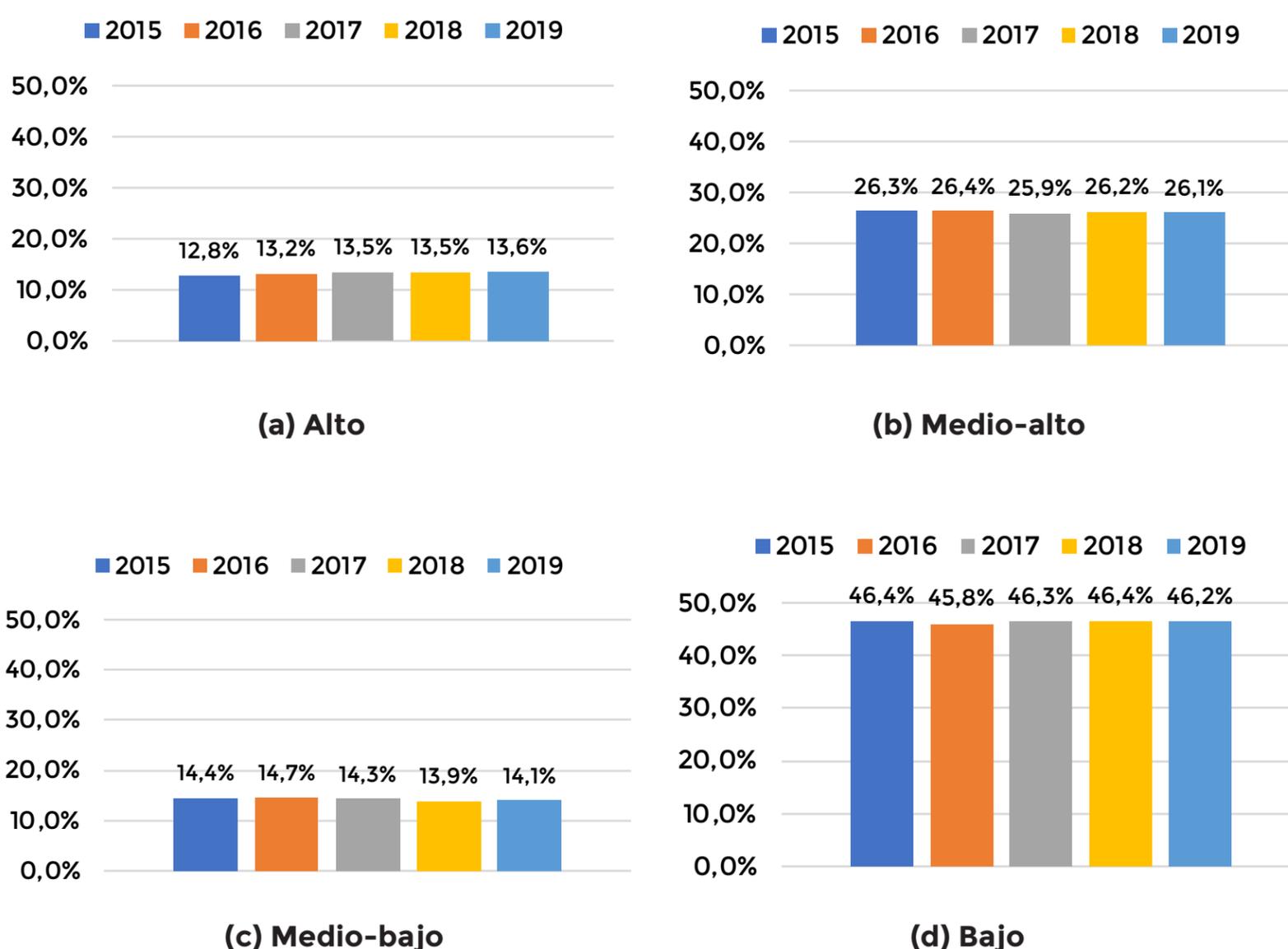
3. Resultados encontrados para el ejercicio de digitalización y automatización en el mercado laboral colombiano

Transformación digital en la demanda efectiva colombiana

3.1. Número de empleados

Durante el período 2015-2019, la composición ocupacional entre los diferentes sectores de digitalización se ha mantenido sin alguna variación significativa. En promedio para el 2019, el nivel bajo de digitalización ha representado el 46.2% del total de ocupados, seguido del nivel medio-alto (26.1%), medio-bajo (14.1%) y alto (13.6%). Sin embargo, en la Figura 1. Porcentaje de trabajadores en distintos sectores intensivos en digitalización (2015-2019) se puede notar que, aunque ligero, el nivel de intensidad que ha tenido un mayor nivel de crecimiento constante ha sido el nivel de digitalización alto, que pasó de ser el 12.8% en 2015 al 13.6% del total de ocupados en 2019, representando un aumento de 0.8 puntos porcentuales.

Figura 1. Porcentaje de trabajadores en distintos sectores intensivos en digitalización (2015-2019)



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

Los sectores que se encuentran en el nivel alto de digitalización más representativos son: Otras actividades de servicios personales; Actividades de servicios a edificios y paisajismo (jardines, zonas verdes), y; Mantenimiento y reparación de computadores, efectos personales y enseres domésticos que, en suma, han representado el 6% de la masa ocupacional. Por su parte, los sectores con nivel de digitalización medio - alto con mayor frecuencia son: Comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles), excepto el de vehículos automotores y motocicletas; Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria, y; Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios que conjuntamente han representado el 20% del total de ocupados (véase la Figura 1. Porcentaje de trabajadores en distintos sectores intensivos en digitalización (2015-2019).

Los sectores más representativos con digitalización medio-baja son: Educación (4%); Actividades de atención de la salud humana (3%), y; Confección de prendas de vestir (2%). Por último, el sector más grande dentro del mercado laboral, el nivel bajo de digitalización está principalmente representado por: Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas; Actividades de servicios de comidas y bebidas; Transporte terrestre; transporte por tuberías, que en conjunto son el 27% del total de ocupados.

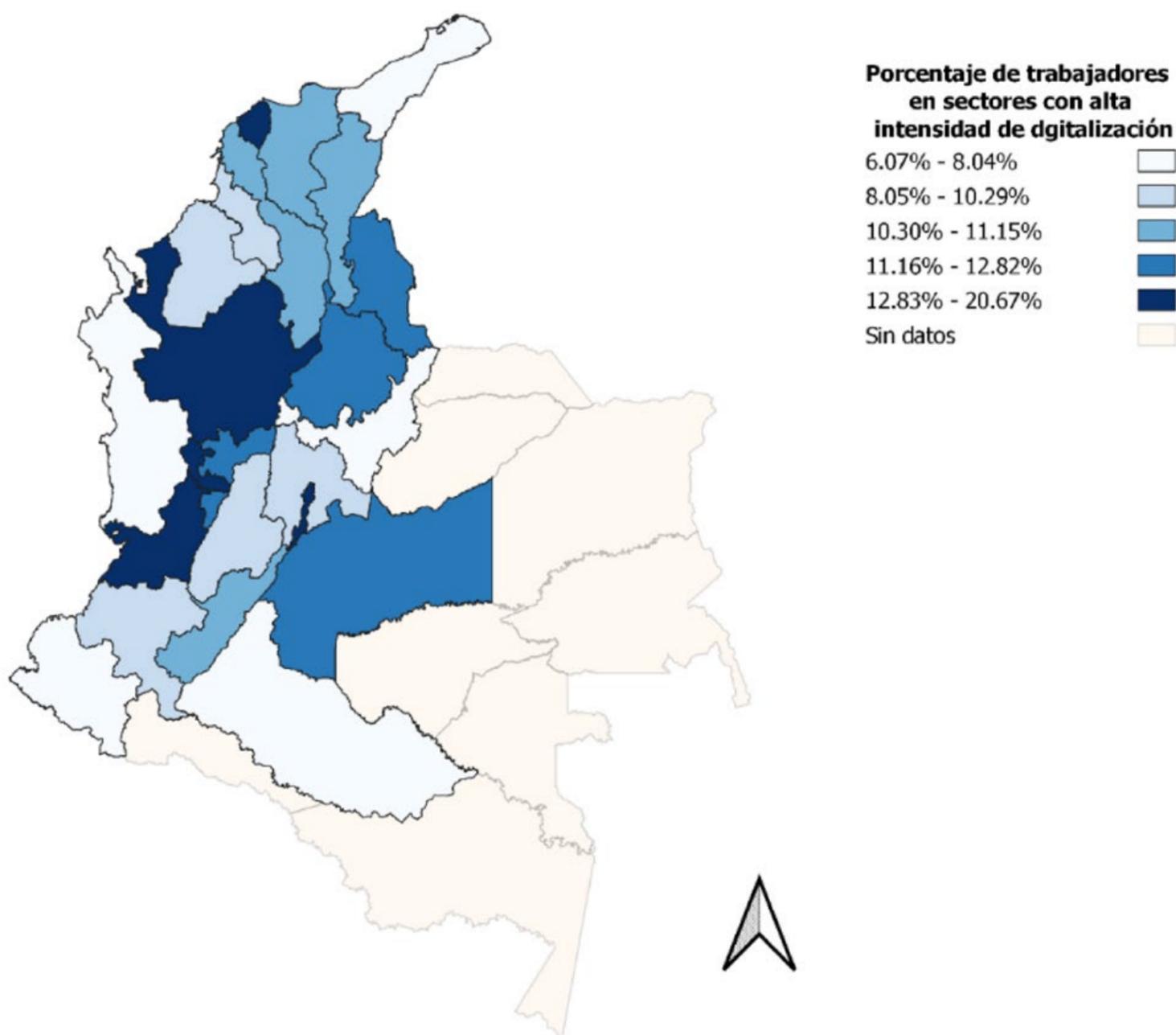
3.2. Distribución geográfica

Para analizar la distribución espacial de los ocupados que se desempeñan en ramas con un alto nivel de digitalización, en la Figura 2 se observa la segregación de estos, alrededor del mercado laboral colombiano. Los departamentos principales como Bogotá, D.C., Atlántico, Valle del Cauca y Antioquia tienen, en promedio, la mayor proporción de ocupados en ramas digitales de todo el país: 24.5%, 18.8%, 18.1% y 17.2% respectivamente. En el grupo de los cinco departamentos con mayor número de ocupados en ramas con alta digitalización se destaca la presencia de Risaralda con un 16.3% de total de sus ocupados. En general, estos departamentos han mantenido su proporción estable en el período de análisis a excepción de Antioquia que pasó de tener un 16.8% en 2015 a 18.2% en 2019.

Por el contrario, los departamentos que tienen una menor proporción de este tipo de ocupados son Nariño (10.5%), Cauca (10.4%), Boyacá (10.2%), La Guajira (9.7%) y Chocó (8.3%). Al igual que los departamentos que tienen una mayor proporción de trabajadores en ramas con alta digitalización, este grupo de menor proporción no ha experimentado aumentos ni caídas significativas en su estructura. La caída más grande en puntos porcentuales tiene La Guajira que en 2015 tuvo un 10.3% disminuyó al 9.6% de este tipo de trabajadores en 2019.



Figura 2. Mapa del porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización

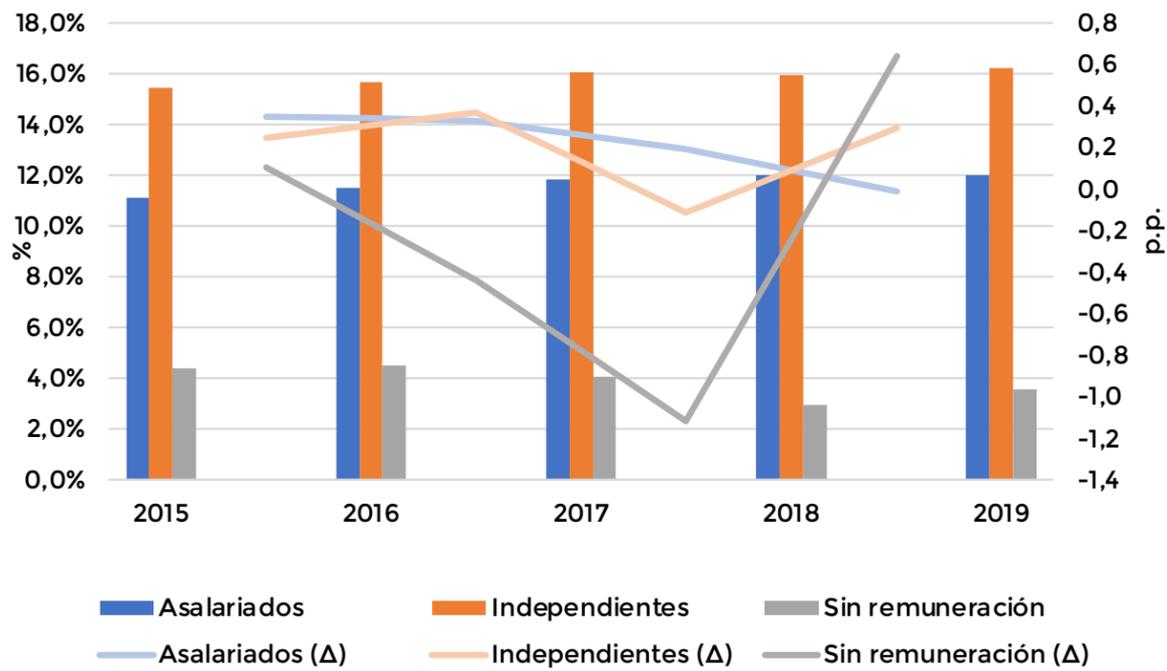


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.3. Estructura de la posición ocupacional

Para caracterizar la posición ocupacional de los trabajadores se han agrupado a estos en asalariados, independientes y trabajadores sin remuneración. La Figura 3. muestra el porcentaje de trabajadores que se desenvuelven en ramas con alta digitalización y la variación en puntos porcentuales entre 2015 y 2019. Se destaca a lo largo del periodo de análisis, que la mayoría de los ocupados en ramas con alta digitalización son independientes. Para el 2019, del total de trabajadores independientes el 16.2% se encuentra trabajando en sectores con alta intensidad de digitalización, mientras que el 12.0% del total de asalariados y el 3.6% de los empleados sin remuneración se encuentran en este sector. Durante el periodo de análisis, el porcentaje de asalariados e independientes empleados en los sectores con alta intensidad de digitalización aumentaron, la variación no superó los 0.4 puntos porcentuales en ninguno de los periodos. Por el contrario, la cifra para los trabajadores sin remuneración bajó entre 2015 y 2019, como se puede observar en la Figura 3 y la variación más grande se experimentó entre 2017 y 2018, alcanzando los 1.1 puntos porcentuales.

Figura 3. Porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización por posición ocupacional

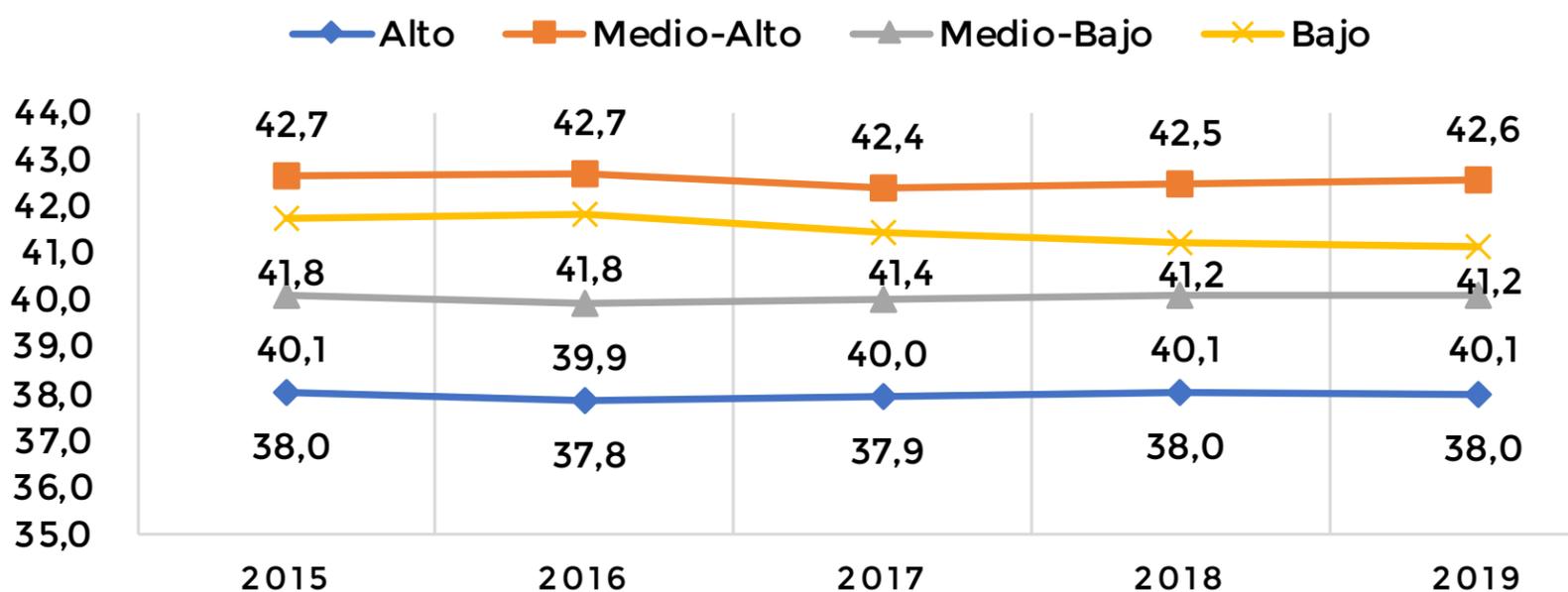


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.4. Horas trabajadas promedio

El siguiente punto del análisis considera al promedio de horas semanales trabajadas en cada una de las cuatro categorías de digitalización consideradas. En la Figura 4. Horas trabajadas semanales en distintos sectores intensivos en digitalización, es posible ver que los sectores con medio-alto y bajo nivel de intensidad en digitalización presentan más horas trabajadas a la semana, con un promedio de 42.6 y 41.2 respectivamente para el 2019. La cantidad de horas trabajadas se encuentra seguido por los sectores con un nivel medio-bajo de intensidad en digitalización con un promedio de 40.1 horas. Por último, en los sectores con alto nivel de intensidad en digitalización el promedio de horas trabajadas semanales es de 38, el más bajo de las cuatro categorías. En esta última categoría se evidencia un aumento de 0.1 horas entre el 2017 y el 2019, mientras que los sectores con baja intensidad en digitalización mostraron una caída de 0.6 horas entre 2015 y 2019.

Figura 4. Horas trabajadas semanales en distintos sectores intensivos en digitalización

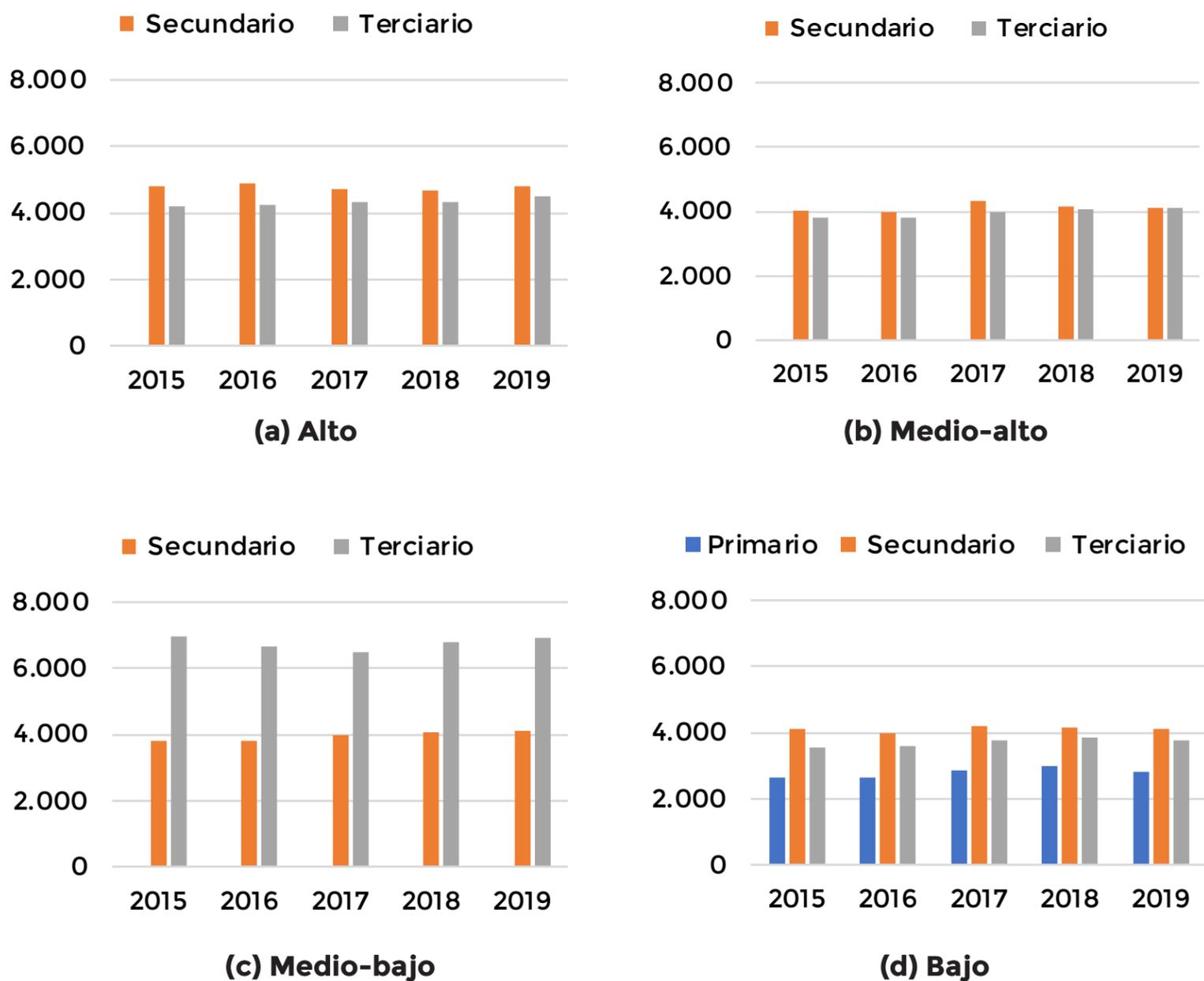


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.5. Ingresos laborales reales medianos por hora

Este apartado se enfoca en los ingresos laborales medianos para empleados en cada una de las categorías presentadas por los tres sectores de la economía y por nivel de educación. El ingreso real varía sustancialmente en cada sector de la economía para los distintos niveles de digitalización. Para el sector terciario el ingreso varió de 6,891 COP en los sectores del nivel medio-bajo hasta 3,781 COP en sectores de intensidad bajo, en el 2019. Para este mismo año, en el sector secundario se puede observar que los ingresos por hora llegan a 4,821 COP en los sectores del nivel alto, y son de 4,120 COP en los otros sectores. Por su parte, actividades del sector primario solamente se observan en sectores con intensidad de digitalización baja y tuvieron un ingreso real laboral por hora de 2,836 COP en 2019. El cambio del ingreso real en todas las categorías para el periodo comprendido entre 2015 y 2019 no superó los 331 pesos, y solo fue negativo para el sector terciario en el nivel medio-bajo, mostrando una caída de 80 pesos. El mayor ingreso por hora de los trabajadores en las ramas de digitalización medio-bajas se debe en gran medida a que dentro de estas ramas se encuentran, ocupaciones como Profesores de educación secundaria, directores de servicios de salud y médicos generales.

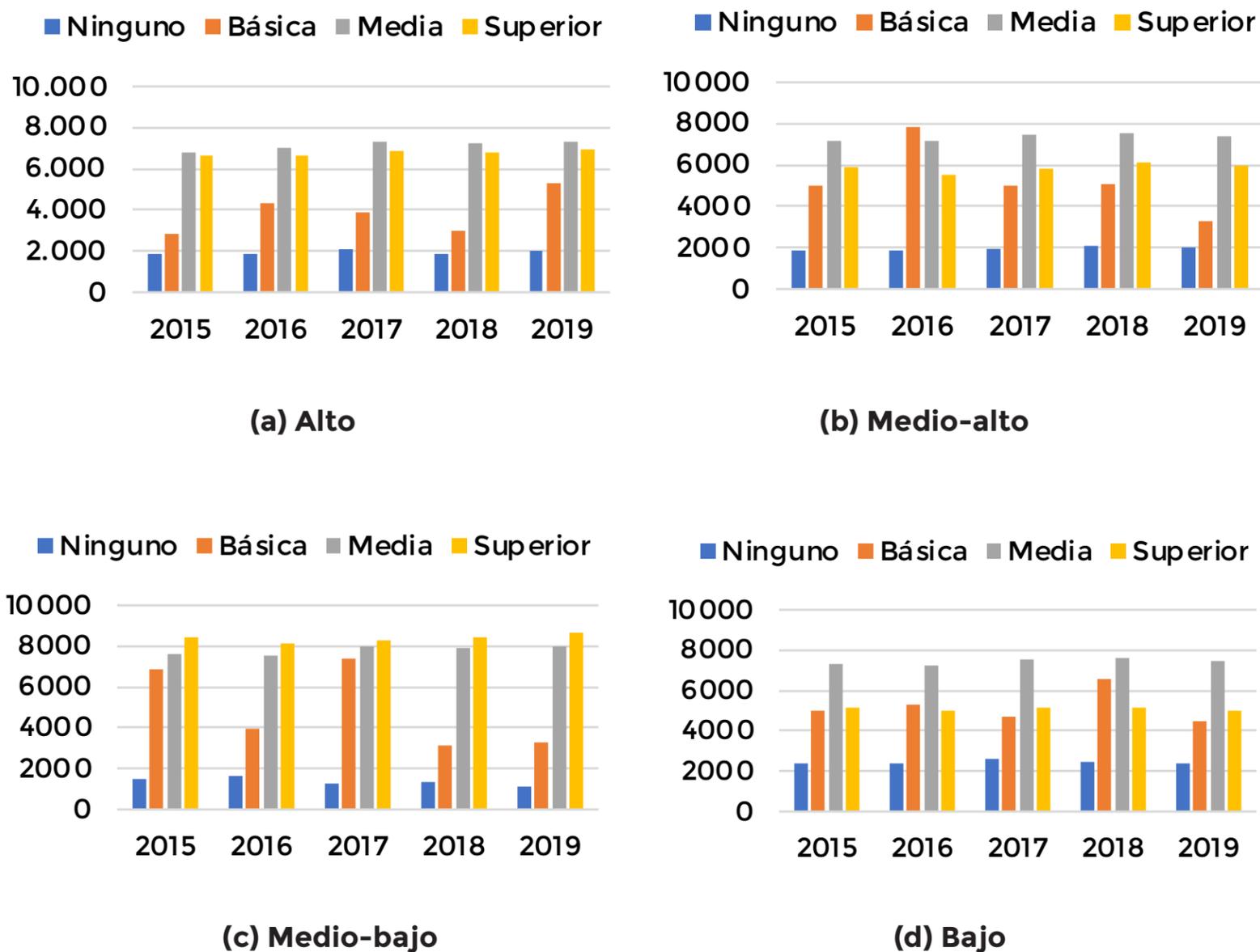
Figura 5. Ingreso real laboral por hora en distintos sectores intensivos en digitalización



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

Al observar el ingreso real mediano por hora para los trabajadores con distintos niveles de educación en sectores con diferentes niveles de intensidad de digitalización, se identifican grandes diferencias. Por ejemplo, el ingreso real mediano por hora para los trabajadores con educación superior varía considerablemente dependiendo del tipo de sector digitalmente intensivo, por ejemplo, de 4,975 COP en la categoría bajo hasta 8,624 COP para los sectores medio-bajo en el 2019. Por su parte, un trabajador sin ninguna educación puede ganar en promedio desde 1,137 COP en un sector con intensidad de digitalización medio-bajo, hasta 2,388 COP en un sector categorizado con un nivel bajo en el 2019. Por otro lado, los trabajadores con educación básica tuvieron un ingreso promedio por hora en el 2019 que estuvo entre 3,298 COP en el sector medio-alto y 5,283 en el nivel alto. Este tipo de trabajadores fue el que más variaciones en sus ingresos experimentó entre 2015 y 2019, específicamente en los sectores con categoría medio-alta y medio-baja; y sus ingresos aumentaron de forma pronunciada en el nivel alto presentando un aumento de 2,447. Finalmente, los trabajadores con educación media pueden llegar a ganar hasta 8,008 COP por hora en el sector intensidad de digitalización medio-bajo; y entre 7,321 COP y 7,463 COP en las otras tres categorías de digitalización.

Figura 6. Ingreso real mediano por hora por nivel educativo

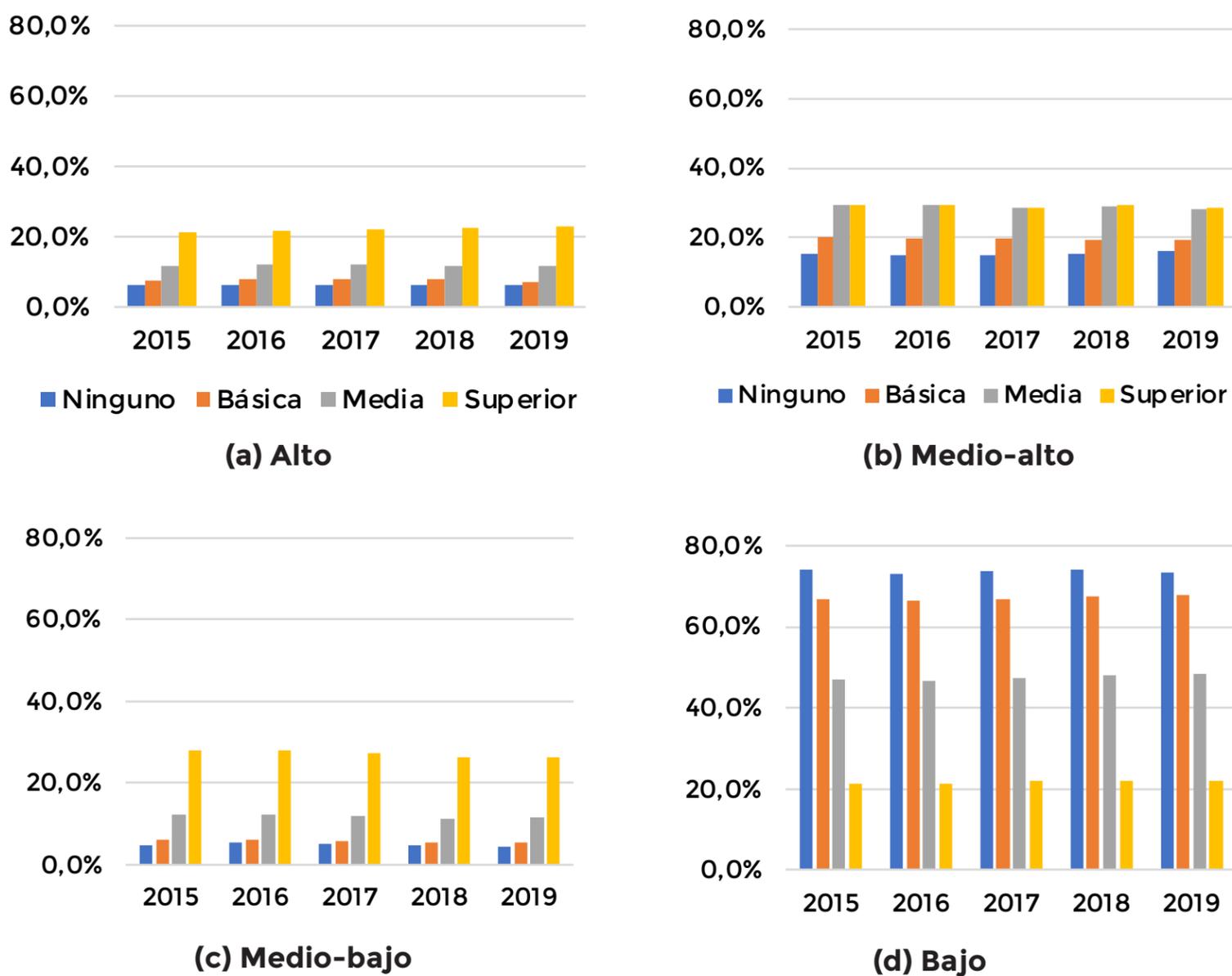


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.6. Estructura del nivel educativo

La estructura del nivel educativo en los sectores categorizados con diferente intensidad de digitalización presenta importantes conclusiones. En los sectores de digitalización baja se empleó al mayor porcentaje de trabajadores sin educación (73.5%), con educación básica (67.9%) y media (48.4%). Mientras que el medio-bajo empleó el 26.4% de los trabajadores con educación superior. En los sectores con nivel de digitalización alto, medio-alto y medio-bajo se emplearon un mayor porcentaje de trabajadores con educación superior y media, que de trabajadores con educación básica y sin educación. Por ejemplo, el sector de nivel alto en el 2019 empleó el 22.8% de trabajadores con educación superior, y solo el 6.1% de trabajadores sin ninguna educación. Por su parte, el sector con intensidad de digitalización medio-baja empleo el 11.5% de trabajadores con educación media, el 5.5% con educación básica y el 4.4% de trabajadores sin educación en el 2019. En general la tendencia no cambió entre 2015 y 2019. Un cambio que vale la pena resaltar es que el sector con nivel alto aumentó el porcentaje de trabajadores con educación superior en 1.5 puntos porcentuales y el nivel bajo en 0.8 puntos porcentuales. Mientras que en los niveles medio-alto y medio-bajo bajo el porcentaje de trabajadores con educación superior bajó en 0.9 puntos porcentuales y 1.5 puntos porcentuales respectivamente.

Figura 7. Porcentaje de trabajadores en sectores con alta intensidad de digitalización por nivel educativo

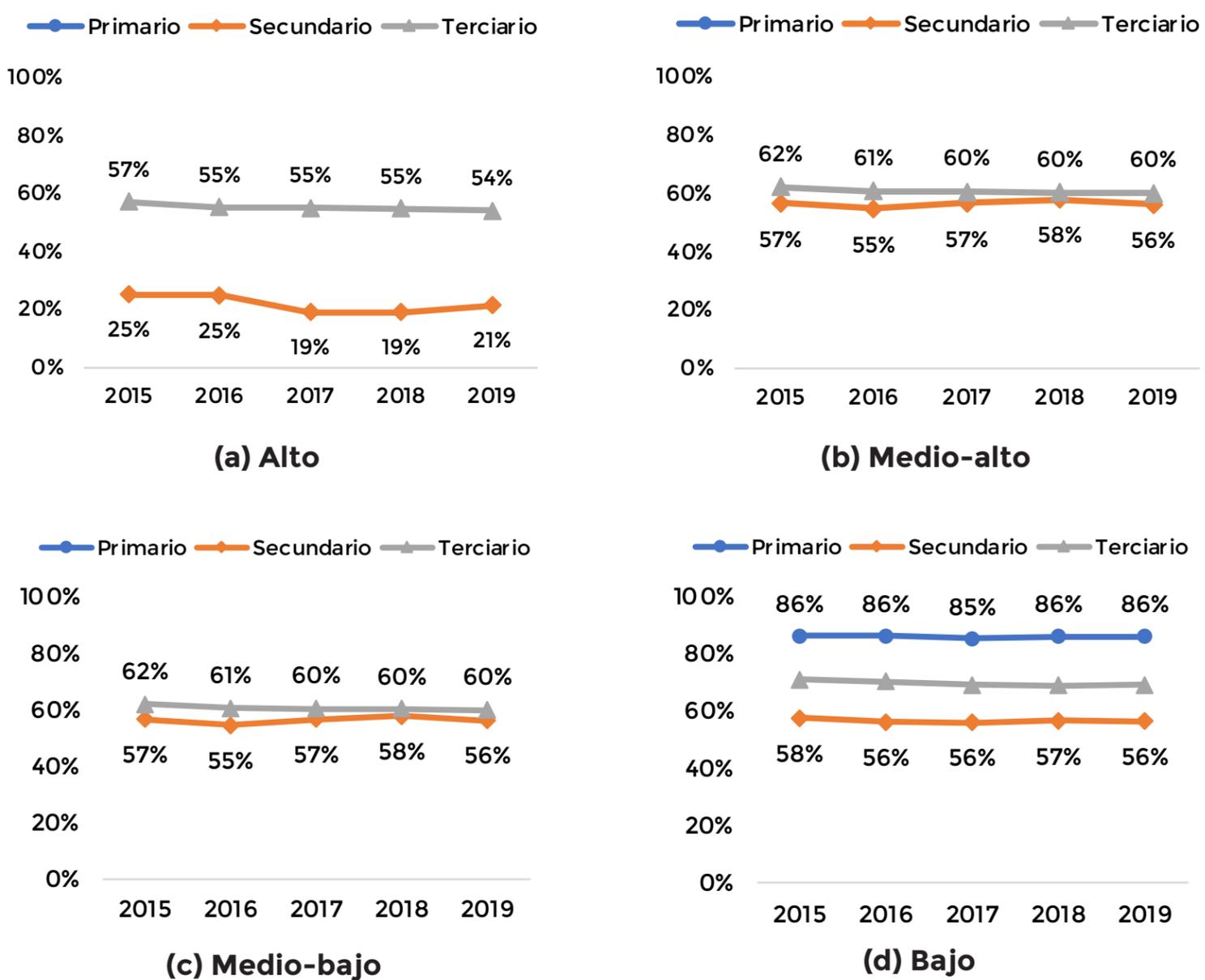


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.7. Tasa de informalidad

El problema de informalidad en Colombia es agudo, y entre las cuatro categorías de sectores consideradas se puede distinguir su presencia. La tasa de informalidad para cada sector de la economía varía sustancialmente entre los 4 niveles de digitalización. En el sector terciario, la tasa de informalidad varía del 60% en digitalización medio-alta, al 18% en digitalización medio-baja en 2019. El sector secundario, alcanzó niveles del 21% en los sectores con nivel alto de intensidad en digitalización, hasta el 56% en los sectores bajo y medio-alto. Por su parte, las actividades del sector primario solo coinciden con sectores de intensidad de digitalización bajo, y presentaron la tasa de informalidad más alta (86%). En general, los niveles de informalidad se mantuvieron entre el 2015-2019, el cambio más grande fue la caída de 4 puntos porcentuales en las actividades del sector terciario para el sector de nivel alto.

Figura 8. Tasa de informalidad en distintos sectores intensivos en digitalización (2015 - 2019)



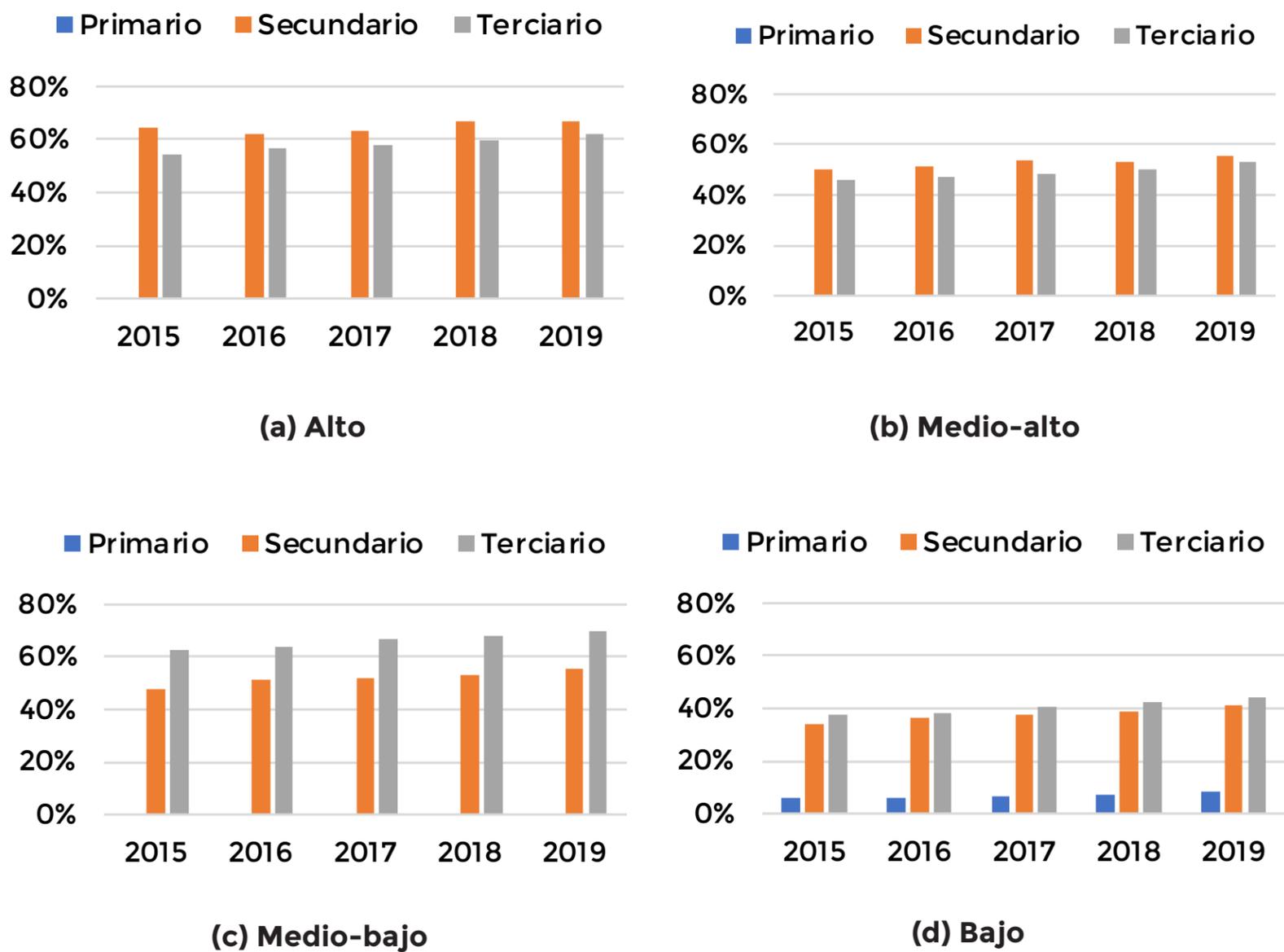
Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

3.8. Acceso a internet

Observando el acceso a internet, en la Figura 9 se pueden identificar diferencias entre sectores. Por su parte, del total de trabajadores del sector terciario en cada nivel el 62% cuenta con acceso a internet en los sectores de nivel alto, el 53% en el nivel medio-alto, el

69% en el medio-bajo y el 44% en el nivel bajo. En el sector secundario, el acceso a internet se encuentra entre 66% en el nivel alto y el 41% en el nivel bajo. Finalmente, el sector primario en el nivel de digitalización bajo registro el nivel más bajo de acceso a internet, tan solo el 8%. Se puede inducir que el acceso a internet es un bien que está relacionado con el ingreso, más que por las necesidades, esto en función de que las ramas con media - baja digitalización tiene mayor acceso que las ramas medio - altas, en consonancia con sus ingresos más que con sus necesidades. Entre el 2015 y el 2019, el acceso a internet aumentó en todas las categorías, alcanzando un aumento de 8 puntos porcentuales en el sector terciario del nivel alto. La Figura 10 muestra el acceso a internet a nivel hogar, donde puede confirmar con mayor fuerza la tendencia a un mayor acceso a internet entre el 2015 y el 2019.

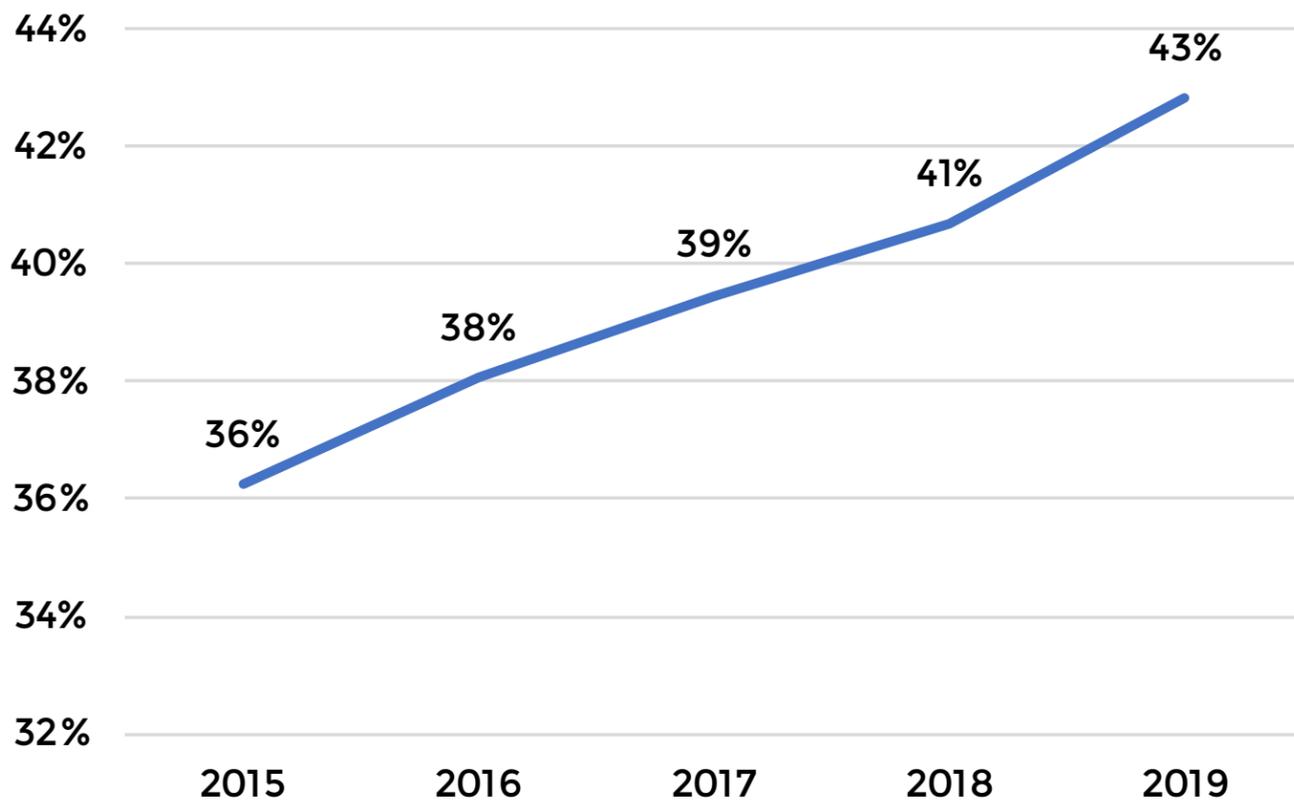
Figura 9. Acceso a internet en distintos sectores intensivos en digitalización (2015 - 2019)



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)



Figura 10. Tasa de acceso a internet a nivel hogar entre 2015 y 2019



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)



4. Ocupaciones TIC: Ocupaciones de especialistas en TIC y ocupaciones intensivas en tareas de TIC

4.1. Número de empleados

A continuación, se presentan las ocupaciones especialistas en TIC que fueron consideradas en este análisis. Se puede observar que una de las ocupaciones con más trabajadores para el 2019 fueron los desarrolladores y analistas de software, instaladores y reparadores de electrónica y telecomunicaciones, y las operaciones de tecnología de información y comunicaciones y soporte al usuario con un total de 66,000, 63,00 y 56,000 empleados respectivamente. Entre el 2015 y el 2019 se puede ver un aumento en la ocupación de desarrolladores y analistas de software y aplicaciones; mientras que otras ocupaciones como ingenieros en electrotecnología y dedicados a operaciones de tecnología de información y comunicaciones y soporte al usuario tuvieron un aumento más sutil. Por el contrario, los instaladores y reparadores de electrónica y telecomunicaciones tuvieron una caída en el número de empleados de 11,000 empleados, con una caída constante en cada año.

Tabla 2. Ocupaciones especialistas en TIC y número de trabajadores en miles

Especialistas	2015	2016	2017	2018	2019
Desarrolladores y analistas de software y aplicaciones	51	61	54	61	66
Gerentes de servicios de tecnología de la información y las comunicaciones	11	12	13	11	12
Ingenieros en electrotecnología	42	46	51	47	45
Instaladores y reparadores de electrónica y telecomunicaciones	74	70	69	64	63
Operaciones de tecnología de información y comunicaciones y soporte al usuario	53	57	53	56	56
Profesionales de redes y bases de datos	18	20	18	22	22
Técnicos de telecomunicaciones y radiodifusión	38	43	39	42	45
Total	286	309	297	302	309

Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

Por otro lado, la Tabla 3 registra las ocupaciones intensivas en tareas TIC, donde se puede ver que la mayoría de los trabajadores en esta categoría son profesionales en finanzas, con 292,000 trabajadores en el 2019, seguido se pueden encontrar a los arquitectos, planificadores, topógrafos y diseñadores con 99,000 trabajadores y los gerentes de administración y servicios empresariales con 64,000 empleados. Para todas las ocupaciones registradas como intensivas en tareas TIC se da un aumento en el número de trabajadores entre 2015 y 2019. Para el caso de los profesionales de las finanzas se registra un aumento de 33,000 trabajadores, mientras que en profesionales de ciencias físicas y de la tierra es de 1,000 empleados el aumento.

Tabla 3. Ocupaciones intensivas en tareas TIC y número de trabajadores. Cifras en miles

Intensivos	2015	2016	2017	2018	2019
Arquitectos, planificadores, topógrafos y diseñadores	95	100	91	104	99
Docentes universitarios y de educación superior	35	32	41	36	37
Gerentes de administración y servicios empresariales	59	62	66	64	64
Gerentes de servicios profesionales	50	52	58	57	57
Gerentes de ventas, marketing y desarrollo	31	26	30	30	36
Profesionales de administración	23	26	29	32	29
Profesionales de ciencias físicas y de la tierra	17	17	16	15	18
Profesionales de las finanzas	259	275	292	289	292
Profesionales de ventas, marketing y relaciones públicas	37	41	41	44	43
Total	606	630	664	670	674

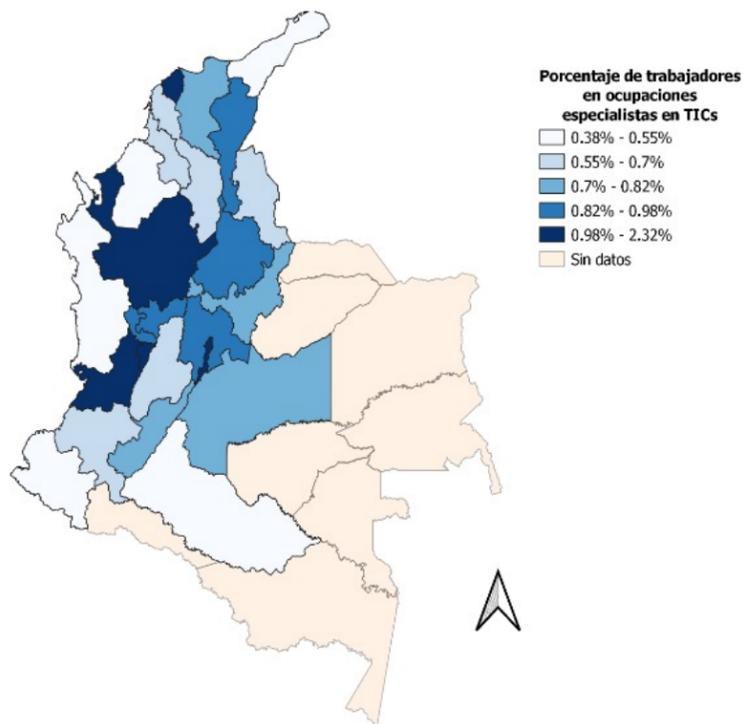
Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.2. Distribución geográfica

La Figura 11 permite analizar la distribución espacial del porcentaje de trabajadores dedicados a ocupaciones especialistas en TIC en diferentes regiones del país. Los departamentos de Bogotá D.C., Atlántico, Valle del Cauca y Antioquia tienen la mayor proporción de trabajadores en ocupaciones especialistas en TIC. Los mismos departamentos, más

Santander, cuentan también con una mayor proporción de trabajadores en ocupaciones intensivas en TIC. Otros departamentos como Caldas, Risaralda, Meta y el Huila cuentan con un porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TICs 1%, 0.9%, 0.7% y 0.8% respectivamente. Algunos de los departamentos con menor porcentaje de ocupados en especialistas son Guajira, Caquetá, Nariño y el Chocó.

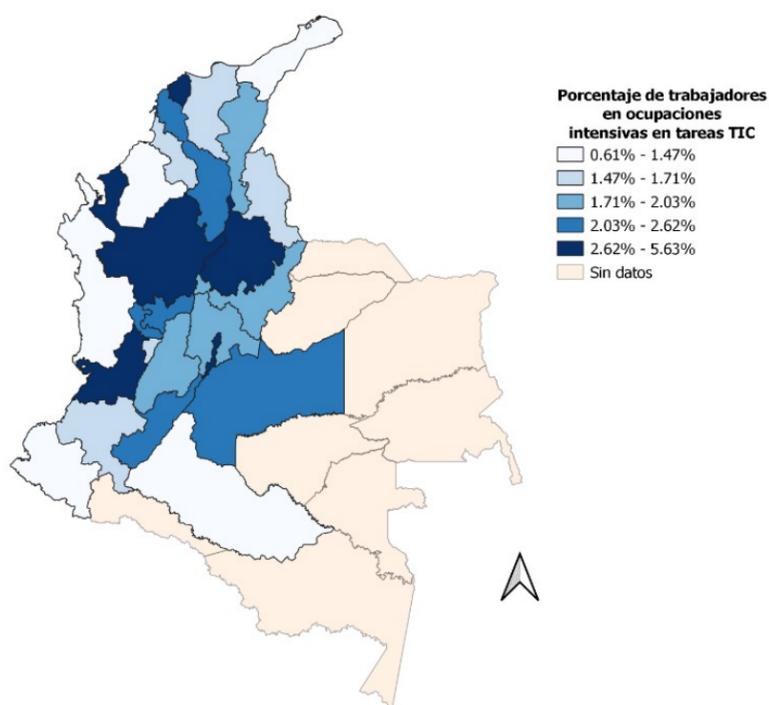
Figura 11. Mapa del porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TICs



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

En el siguiente mapa (Figura 12) se puede observar que los departamentos con un porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en TIC entre el 2.03% y el 2.62% incluyen Meta, Huila, Risaralda, Caldas y Bolívar. Finalmente, los departamentos con menor porcentaje de trabajadores en estas categorías son Guajira, Córdoba, Chocó, Nariño y Caquetá con 0.5%, 0.5%, 0.4%, 0.5% y 0.5%, respectivamente.

Figura 12. Mapa del porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas TIC

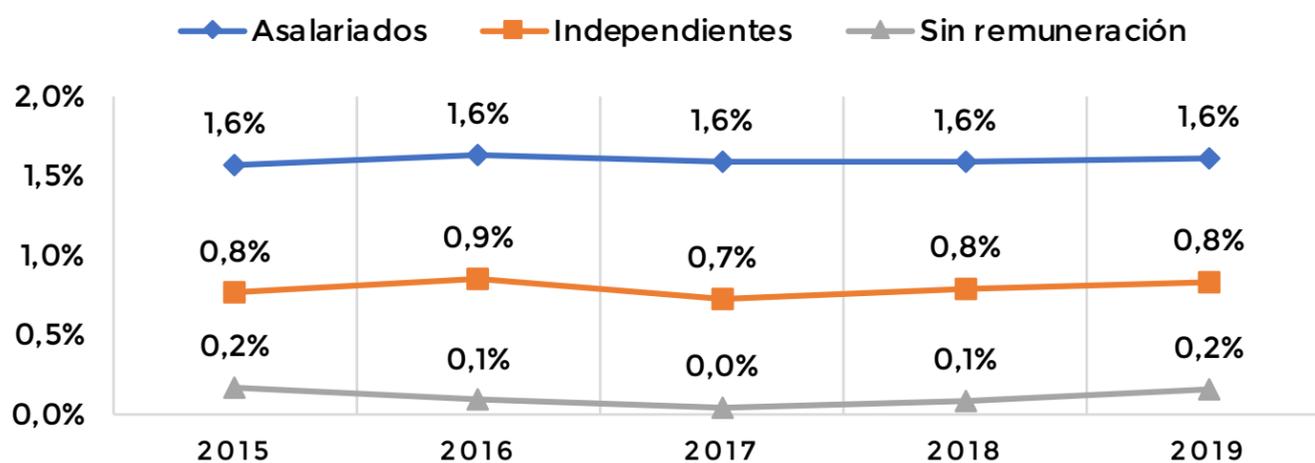


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.3. Estructura de la posición ocupacional

Para caracterizar a los trabajadores en ocupaciones especialistas e intensivas en TIC se dividieron entre asalariados, independientes y sin remuneración. La Figura 13 muestra el porcentaje de trabajadores que se desenvuelven en ocupaciones especialistas en TIC por nivel ocupacional. Durante el periodo en estudio, la mayoría de los trabajadores son asalariados. En específico, para el 2019, el 1.6% de los trabajadores asalariados trabajaba en este tipo de ocupaciones. Para el caso de los trabajadores independientes, tan solo se observa el 0.8% del total trabajando en ocupaciones especialistas en TIC, y el 0.2% para trabajadores sin remuneración. Estas tendencias se mantienen constantes durante todo el periodo de estudio, con cambios que no superan los 0.1 puntos porcentuales.

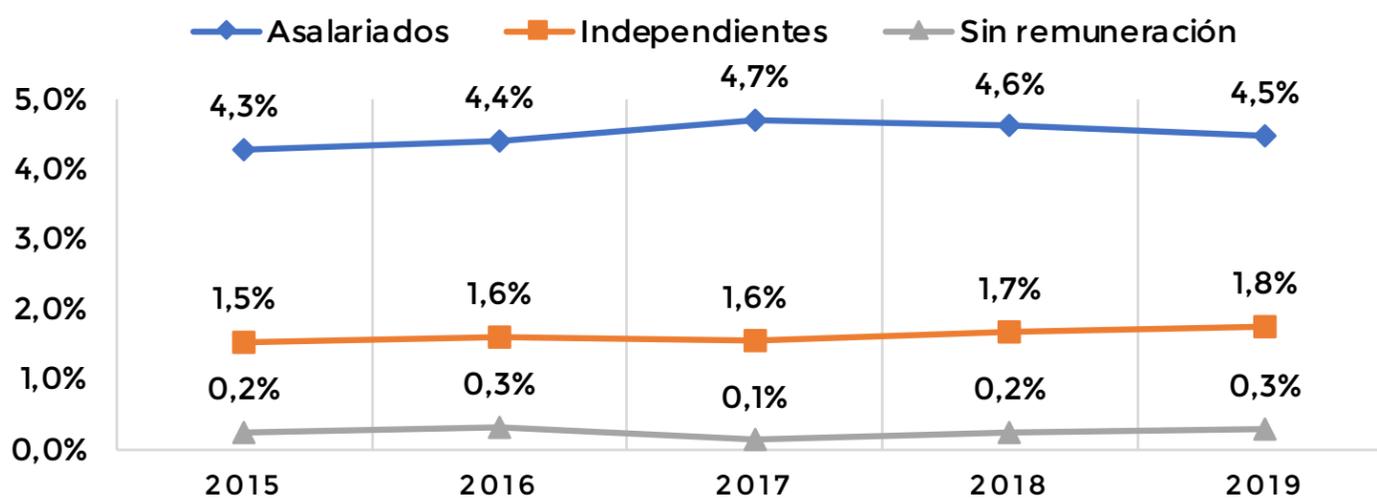
Figura 13. Porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TIC por nivel ocupacional



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

Para el caso de los trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas de TIC (ver Figura 14), se observa una predominancia mayor de los asalariados que para las ocupaciones especialistas. En este caso se observa que del total de asalariados 4.5% se encuentran en ocupaciones intensivas en tareas TIC. Conjuntamente, el porcentaje de independientes se ubica en 1.8% y el de trabajadores sin remuneración en el 0.3%. Finalmente, las variaciones entre 2015 y 2019 no superan los 0.2 puntos porcentuales.

Figura 14. Porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas de TIC por nivel ocupacional

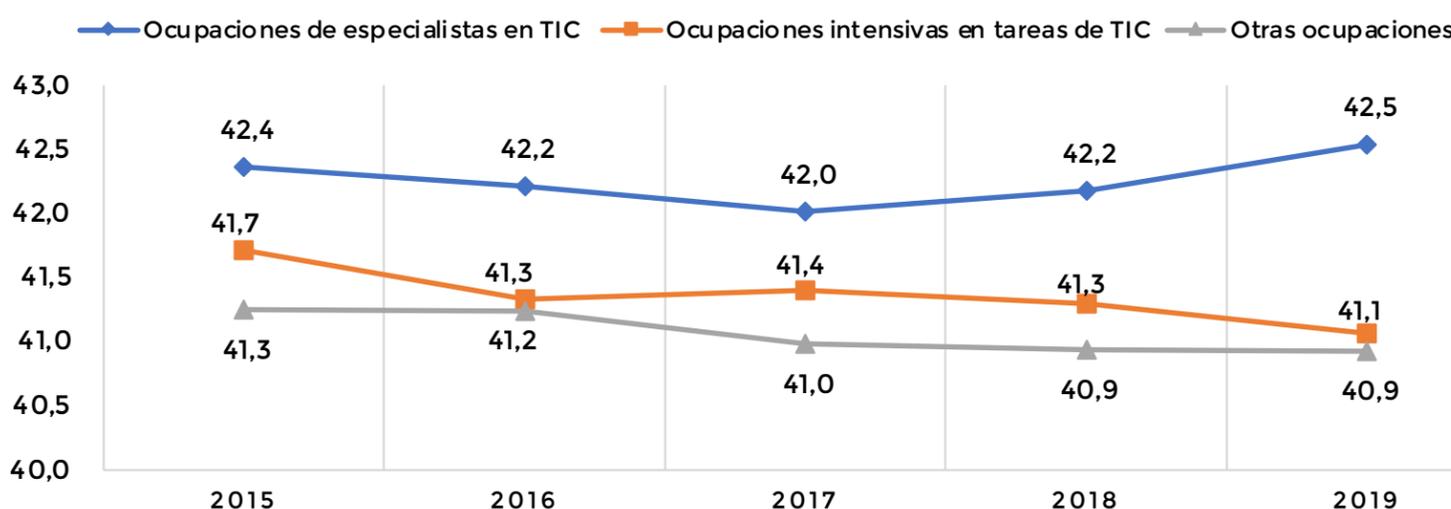


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.4. Horas trabajadas promedio

La Figura 15 presenta las horas trabajadas promedio para las tres categorías consideradas en esta sección. Se puede identificar que las ocupaciones de especialistas en TIC son las que más horas se ocupan, seguidas por ocupaciones intensivas en tareas de TIC y por otras ocupaciones. Para el caso de las ocupaciones de especialistas en TIC en el 2019 se observó una dedicación promedio de 42.5 horas semanales, mientras que para otras ocupaciones es de 40.9 horas semanales. Finalmente, las ocupaciones intensivas en tareas de TIC mostraron una ocupación de 41.1 horas semanales. Cabe resaltar, que la diferencia fue de máximo una hora para todos los periodos.

Figura 15. Horas trabajadas semanales por grupos ocupacionales TIC



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.5. Ingresos laborales promedio

Por su parte, los ingresos laborales promedio presentan diferencias importantes entre las categorías. Para el 2019, el ingreso laboral por hora de las ocupaciones especialistas en TIC fue de 6,468 COP; mientras que el de otras ocupaciones se posicionó en 4,080 COP. Por su parte, las ocupaciones intensivas en TIC tuvieron un ingreso promedio por horas de 8,956 COP en el 2019. Para las tres categorías la tendencia se mantuvo constante durante todo el periodo, entre 2015 y 2019 la variación no superó los 678 pesos (ver Figura 16).

Figura 16. Ingreso laboral por hora en grupos ocupacionales TIC

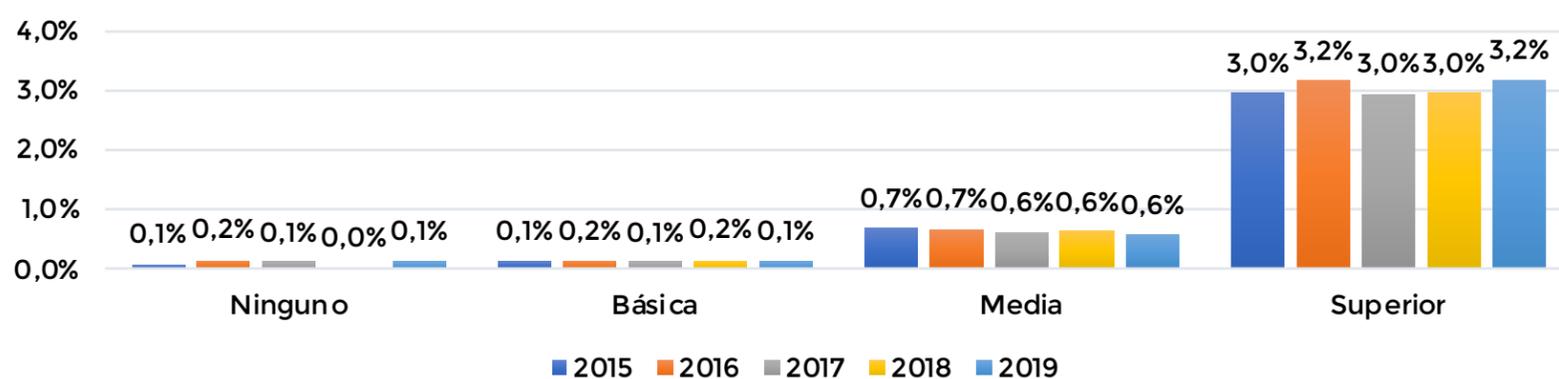


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.6. Estructura del nivel educativo

La estructura del nivel educativo para trabajadores en ocupaciones especialistas e intensivas en TIC muestran fuertes tendencias. En primer lugar, tan solo el 0.1% de los trabajadores con educación básica se encuentran dedicados a ocupaciones especialistas en TIC en el 2019. Un 0.6% de trabajadores con educación media se encuentran en este tipo de ocupaciones, mientras el 3.2% con educación superior se encuentra en ocupaciones especialistas en TIC (ver Figura 17).

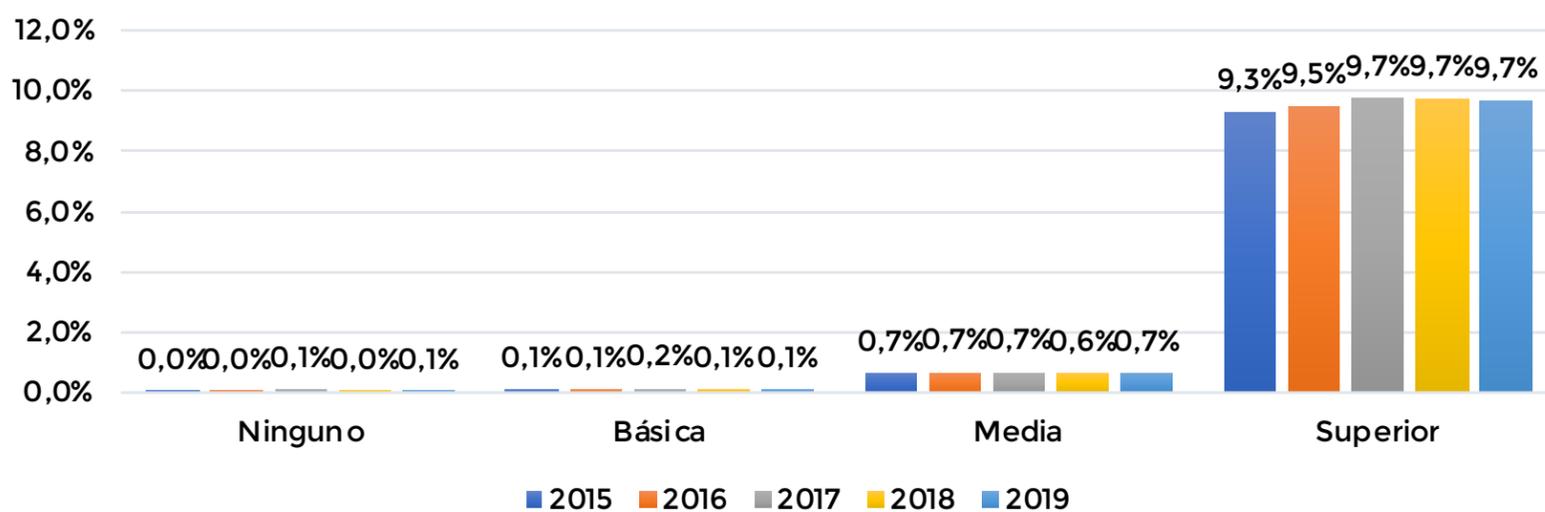
Figura 17. Porcentaje de trabajadores en ocupaciones de especialistas en TIC por nivel educativo



Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

En segundo lugar, el porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas TIC por nivel educativo tiene una tendencia muy similar a las ocupaciones especialistas en TIC para trabajadores sin educación, con educación baja y media. En concreto, tan solo el 0.7% de los trabajadores con educación media se encuentran dedicados a ocupaciones intensivas en TIC. Sin embargo, en las ocupaciones intensivas en TIC hay una mayor participación por parte de los trabajadores con educación superior. En el 2015, el 9.3% de trabajadores con educación superior tuvieron ocupaciones intensivas en TIC, aumentando progresivamente al 9.7% en el 2019 (ver Figura 18).

Figura 18. Porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en tareas de TIC por nivel educativo

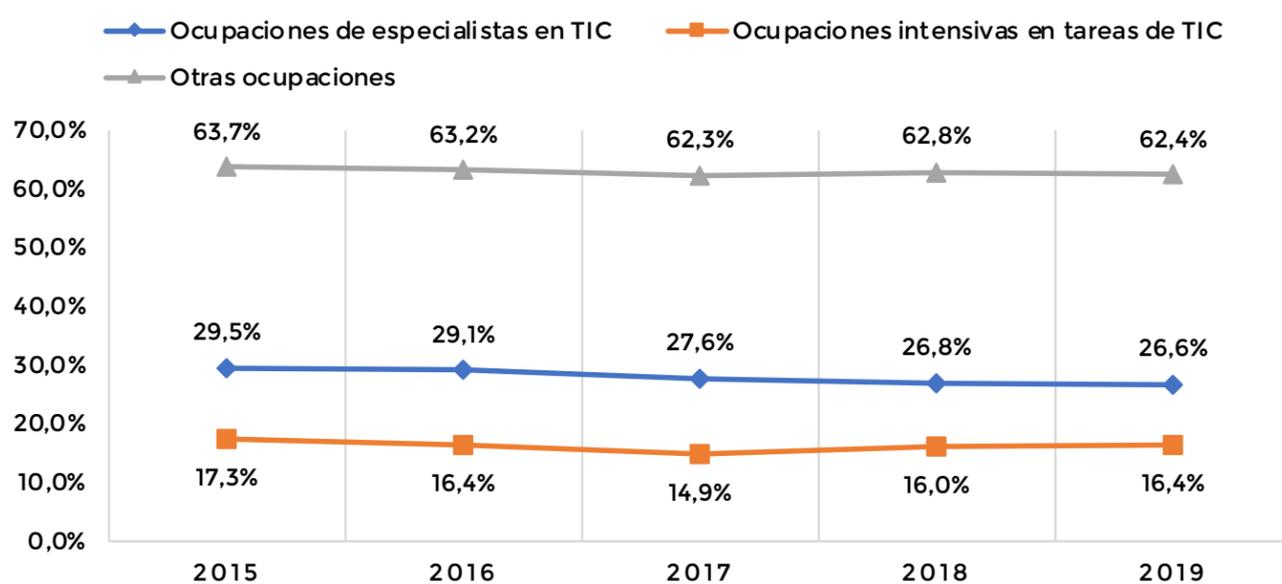


Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.7. Tasa de informalidad

Al observar la tasa de informalidad en los diferentes grupos ocupacionales TIC se identifican fuertes patrones. Del total de ocupados en tareas intensivas en TIC, tan solo el 16.4% son empleados informales; mientras que de los empleados en otras ocupaciones el 62,4% son trabajadores informales. Con una tendencia que se posiciona en un punto medio, la tasa de informalidad para ocupaciones de especialistas en TIC es de 26.6%. Entre el 2015 y el 2019 la tasa de informalidad bajó para todas las categorías, sin embargo, la caída más pronunciada fue para los trabajadores especialistas en TIC con 3.1 puntos porcentuales (Figura 19).

Figura 19. Tasa de informalidad en grupos ocupacionales TIC



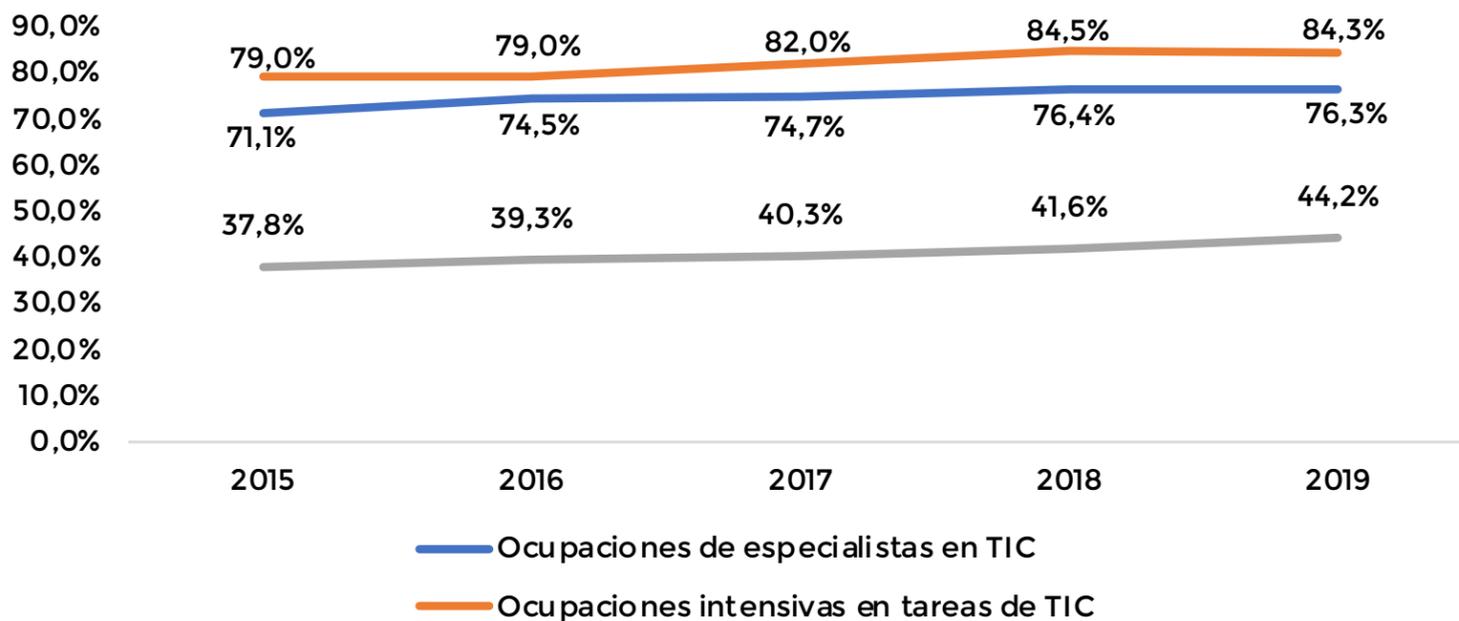
Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

4.8. Acceso a internet

Observando el acceso a internet en la Figura 20, se pueden identificar diferencias entre las ocupaciones intensivas y especializadas en TIC a comparación de otras ocupaciones. El porcentaje de trabajadores en ocupaciones intensivas en TIC con acceso a internet corresponde al 84.3%, mientras que en otras ocupaciones esta cifra es de 44.2%. Por su parte, el porcentaje de trabajadores en ocupaciones especialistas en TIC con acceso a internet corresponde a 76.3%. Para los tres casos se puede observar un aumento en el acceso a internet entre el 2015 y el 2019, el cual corresponde a 5.3 puntos porcentuales para ocupaciones intensivas en TIC y 6.4 puntos porcentuales para otras ocupaciones. Al igual que en las ramas, se puede notar que el acceso a internet está muy correlacionado con el nivel de ingresos, más allá de la necesidad de utilizar este servicio para desarrollar el trabajo.



Figura 20. Acceso a internet en grupos ocupacionales TIC



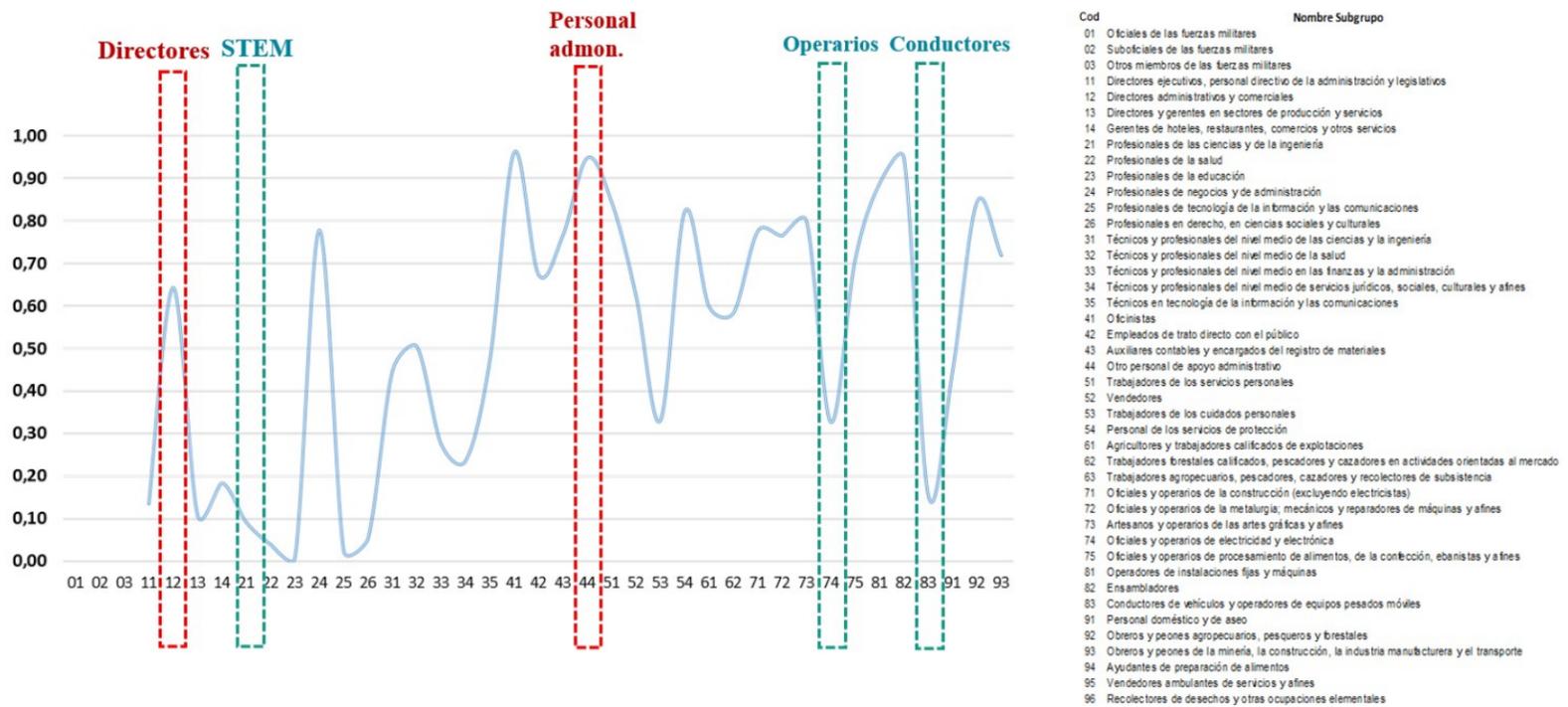
Fuente: Gran Encuesta de Hogares (GEIH)

5. Enfoque de la automatización y tareas/skill en el mercado laboral colombiano

Los resultados del ejercicio propuesto en esta sección del documento exploran los determinantes de la probabilidad de automatización del trabajo a diferentes niveles de agregación y exploran las características de los trabajadores en el país filtrando por la probabilidad de automatización de la ocupación que desempeñan. A continuación, se presentan las probabilidades de automatización a nivel de grandes grupos de ocupaciones, sectores de actividad económica y región del país. Con base en lo anterior, se caracterizan los trabajadores clasificados por la probabilidad de automatización de la ocupación que desempeñan. El último componente de esta sección muestra los resultados de las estimaciones econométricas que sirven para explorar más a profundidad las variables claves para entender las diferentes probabilidades de automatización de las ocupaciones en Colombia y sus regiones.

La Figura 21 resume la probabilidad de automatización de las ocupaciones a dos dígitos de la clasificación ocupacional CIUO 08 A.C., en rojo se resaltan algunos subgrupos de ocupaciones para los cuales se tiene una alta probabilidad de automatización, en verde se resaltan subgrupos ocupacionales con baja probabilidad de automatización. Entre los subgrupos ocupacionales que resaltan por tener una alta probabilidad de automatización están los directores administrativos y comerciales, para los cuales la probabilidad de automatización supera el 60%. Por su parte, para los Profesionales de negocios y administración esta probabilidad supera el 70%. Por otro lado, tres subgrupos de profesiones superan el 90% de probabilidad de automatización estimada, los Oficinistas, Otro personal de apoyo administrativo y los Operadores de instalaciones fijas y maquinas.

Figura 21. Score probabilidad de automatización según clasificación ocupacional CIUO 08 A.C



Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

En contraste, entre los subgrupos ocupacionales para los cuales se tiene una baja probabilidad de automatización resaltan las ocupaciones STEM, representadas por los profesionales de las ciencias y de las ingenierías, también en este mismo grupo de baja probabilidad de automatización se encuentran los profesionales de la salud, de la educación, de las tecnologías de la información y las comunicaciones y los del derecho y las ciencias sociales y culturales. Todos los subgrupos anteriores con probabilidad estimada de automatización menor al 10%. Otros subgrupos ocupacionales resaltan al tener una probabilidad de automatización más baja en comparación a otros subgrupos de la misma clasificación a 1 dígito. Entre estos subgrupos ocupacionales resaltan los Trabajadores de los cuidados personales con una probabilidad de automatización algo mayor al 30%, los Oficiales y operarios de electricidad y electrónica con una probabilidad de automatización similar a la del grupo anterior, y los Conductores de vehículos y operadores de equipos pesados móviles con una probabilidad de automatización entre el 10% y 20%.



Tabla 4. Score automatización según clasificación ocupacional CIUO 08 A.C a 1 dígito

CIUO 08 A.C. a 1 dígito	Automatización
Fuerzas Militares	N.A.
Directores y Gerentes	0.21
Profesionales, Científicos e Intelectuales	0.19
Técnicos y Profesionales del Nivel Medio	0.33
Personal de Apoyo Administrativo	0.80
Trabajadores de los Servicios y Vendedores De Comercios Mercados	0.67
Agricultores y Trabajadores Calificados Agropecuarios, Forestales y Pesqueros	0.59
Oficiales, Operarios, Artesanos Y Oficios Relacionados	0.69
Operadores De Instalaciones Y Máquinas Y Ensambladores	0.47
Ocupaciones Elementales	0.60

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

A partir de las estimaciones de la probabilidad de automatización para los subgrupos de ocupaciones a dos dígitos es posible estimar esta misma estadística, pero a un dígito, como el promedio de las ocupaciones a dos dígitos que componen cada grupo a un dígito. Los resultados de este ejercicio son presentados en la Tabla 4. Las estimaciones indican que, en el agregado, el grupo de Profesionales, Científicos e Intelectuales es el que menor probabilidad de automatización tiene con un 19%, seguido del grupo de directores y Gerentes para el cual la probabilidad de automatización es de 21%. Para los Técnicos y Profesionales del Nivel Medio la probabilidad de automatización se aumenta hasta el 33%.



Tabla 5. Score automatización según rama de actividad económica

Rama de actividad	Automatización
Act. Hogares	0.48
Transporte	0.40
Alojamiento y Comidas	0.74
Industria	0.69
Agricultura y Minas	0.54
Comercio	0.63
Financiera e Inmobiliarias	0.60
Otros Servicios	0.49
Admón. Publica	0.48
construcción	0.56
Salud	0.40

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

En contraposición, los grupos ocupacionales a 1 dígito para los cuales se estima las probabilidades de automatización más altas son el personal de apoyo administrativo con un 80% de probabilidad, los oficiales, operarios, artesanos y oficios relacionados con una probabilidad del 69%, y los trabajadores de los servicios y vendedores de comercios mercados con una probabilidad de automatización del 67%. también resulta llamativa la probabilidad de automatización cercana las 60% para las Ocupaciones Elementales y para los Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios, forestales y pesqueros.

En cuanto a la estimación de la probabilidad por ramas de actividad económica en Colombia, la Tabla 5 resume las estimaciones de esta estadística para Colombia. Los resultados muestran una distribución de la probabilidad de automatización más homogénea que la descrita en términos de agrupamientos de ocupaciones. La probabilidad de automatización sectorial más baja es del 40%, y la más alta es del 74%, la media de probabilidad de automatización para los sectores colombianos se encuentra en el 55%. Las ramas de actividad económica con la menor probabilidad de automatización son la Salud y el Transporte, ambas con un 40%, y les sigue la administración pública y las actividades de los hogares con 48%. Por otro lado, la rama de actividad económica del país para la cual se estima la mayor probabilidad de automatización es la de Alojamiento y Comidas con 74%, seguida por la Industria con 69% y el comercio con 63%.

En cuanto a las regiones del país, en este trabajo se estiman la probabilidad de automatización del trabajo en las 23 grandes ciudades y áreas metropolitanas del país, el resumen de la estimación se presenta en la Tabla 6. La probabilidad de automatización en las regiones de Colombia muestra la distribución más homogénea de las agrupaciones

presentadas hasta el momento, con un mínimo en 48%, un máximo en 65% y una media del 57%. El área metropolitana de Colombia donde se estima que el trabajo tiene la menor probabilidad de automatización es Tunja con el 48%, seguida de Riohacha con 50%, y Sincelejo con el 51%. Otras ciudades y áreas metropolitanas para las cuales se estimó una baja probabilidad de automatización son Bucaramanga, Florencia, Popayán y Quibdó. Por otro lado, las ciudades con la más alta probabilidad de automatización son Cali con 65% y Pereira con 62%. Otras ciudades que resaltan por la alta probabilidad de automatización comparativa son Armenia, Cúcuta, Montería y Medellín.

Tabla 6. Score automatización según región geográfica

Área	Automatización	Área	Automatización
ARM	0.60	NEI	0.55
BAR	0.57	PAS	0.59
BOG	0.57	PER	0.62
BUC	0.55	POP	0.53
CAL	0.65	QUI	0.52
CAR	0.57	RIO	0.50
CUC	0.60	SIN	0.51
FLO	0.53	STA	0.57
IBA	0.56	TUN	0.48
MAN	0.57	VAL	0.56
MED	0.61	VIL	0.58
MON	0.61		

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

Con los resultados presentados hasta el momento se termina de explorar la perspectiva más agregada de la automatización en el país, lo que evidencia los grupos de ocupaciones, actividades económicas y regiones que pueden llegar a ser más susceptibles de ser impactados por la automatización en el futuro próximo. La caracterización hasta ahora realizada permite informar, orientar y ajustar la política pública y de educación y entrenamiento con base en las tendencias y dinámicas de automatización en los mercados y ocupaciones del país. Para complementar el análisis agregado presentado hasta el momento, a continuación, se exploran las características de los trabajadores en las agrupaciones por nivel de automatización definidas en la metodología.

Tabla 7. Distribución de género por categoría de automatización

Nivel de automatización	Mujeres		Hombres		Total	
	Personas	%	Personas	%	Personas	%
Nivel bajo de automatización	2,039,168	22.11	2,834,143	21.70	4,873,311	21.87
Nivel medio de automatización	2,964,774	32.14	3,491,966	26.73	6,456,740	28.97
Nivel alto de automatización	3,621,794	39.27	5,850,830	44.79	9,472,623	42.50
No clasificados	598,185	6.49	886,421	6.79	1,484,606	6.66
Total	9,223,920	100	13,063,360	100	22,287,280	100

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

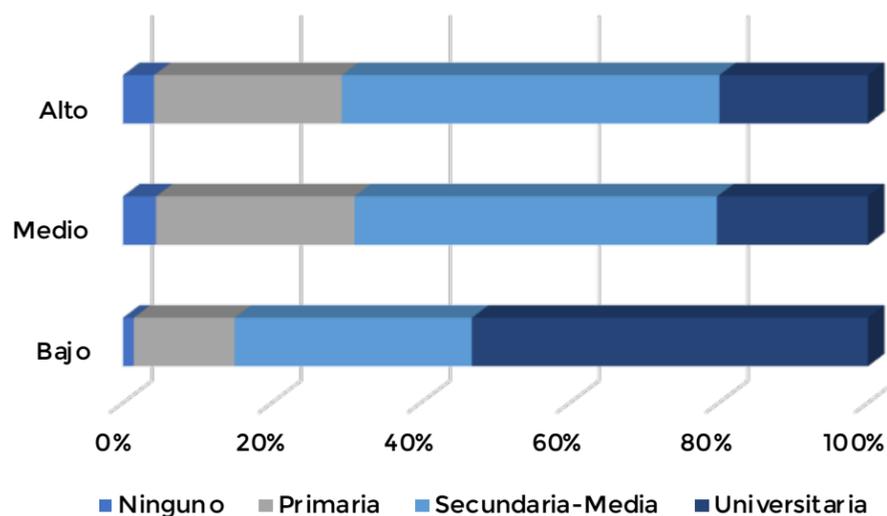
Mediante la metodología presentada en este documento se clasifican los trabajadores del país en tres grupos con relación a las características del trabajo que desempeñan. Estos tres grupos son los trabajadores en ocupaciones de baja, media y alta probabilidad de automatización. Las estimaciones agregadas realizadas por los autores de este documento muestran que en total cerca de 4.9 millones de trabajadores representando el 21.9% del empleo se encuentran en ocupaciones de nivel bajo de automatización, 6.5 millones se encuentran en ocupaciones de nivel medio representando el 30% del empleo, y cerca de 9.5 millones trabaja en ocupaciones con alta probabilidad de automatización, lo que representa el 42.5% de los trabajadores. El 6.7% restante del empleo no puede ser clasificado en estos grupos.

Continuando la tarea de caracterizar los trabajadores en cada uno de los grupos mencionados, la Tabla 7 presenta la distribución por género de los trabajadores en los diferentes grupos. Se evidencia una mayor propensión de los hombres a estar en ocupaciones de nivel alto de automatización, ya que el 44.8% se encuentra en esta categoría frente a un 39.3% de las mujeres, que también tienen una participación alta en el grupo medio de automatización con un 32.2% en comparación al 26.7% de los hombres.

Un siguiente elemento importante de la caracterización de los trabajadores en las agrupaciones de nivel de automatización es su capital humano, como proxy de esto la Figura 2 presenta la distribución de nivel académico en cada una de las tres categorías. A partir de la Figura 2 se evidencia que los trabajadores en el nivel bajo y medio de automatización tienen, en promedio, un perfil de nivel académico casi idéntico, valores cercanos a un 50% de los trabajadores en ambos de estos grupos tienen educación secundaria o media, y solo cerca del 20% tiene educación universitaria, el casi 30% restante de los trabajadores en los grupos de media y alta automatización solo tienen máximo educación primaria.

Por su parte, para el caso de los trabajadores en ocupaciones de bajo nivel de automatización, la Figura 22 permite evidenciar que más del 50% de los trabajadores en esta categoría cuentan con educación universitaria, mostrando así una gran diferencia en la distribución de nivel de educación en comparación a los otros niveles de automatización. En general estas estadísticas descriptivas permiten hipotetizar que existe una correlación negativa entre el nivel académico y la probabilidad de automatización de las ocupaciones.

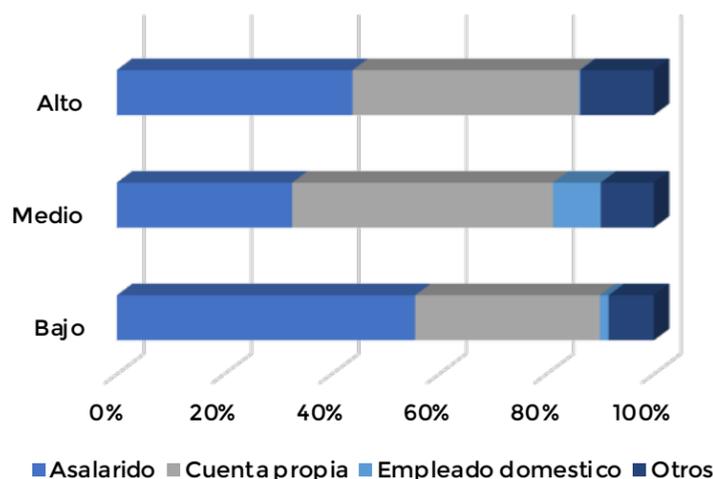
Figura 22. Nivel educativo según categoría de automatización



Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

En cuanto al estado laboral, la Figura 23 resume la distribución por tipo de ocupado en cada uno de los tres grupos de clasificación. Se evidencia que entre el grupo de alto nivel de automatización los asalariados y cuenta propia priman con 44% y 42% respectivamente del total de trabajadores en este grupo, mostrando una distribución homogénea entre estas dos categorías y con una participación muy reducida de empleados domésticos como podría esperarse. En cuanto al grupo de automatización media, el principal estado laboral es el de cuenta propia con casi 49% del total de trabajadores en esta categoría, seguida de los asalariados con 33%. Por su parte, en el grupo de los trabajadores en ocupaciones con baja probabilidad de automatización el estado laboral más común es el de asalariado, el 56% de los trabajadores en esta categoría son asalariados, así mismo, el grupo de trabajadores en ocupaciones de bajo nivel de automatización tiene el menor porcentaje de cuenta propias comparativamente con un 34%.

Figura 23. Tipo de ocupado según categoría de automatización



Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

Por su parte, en términos de ingresos laborales, la tabla 8 presenta el ingreso promedio de los ocupados según la categoría de automatización: se observa que los ocupados con menor nivel de automatización tienen ingresos superiores casi del doble de las otras dos categorías.

Tabla 8. Ingresos medios según categoría de automatización

Nivel de automatización	Ingreso Laboral	Ingreso laboral hora
Nivel bajo de automatización	1.583.520	9.510
Nivel medio de automatización	779.833	4.510
Nivel alto de automatización	806.601	4.528
No clasificados	1.156.983	6.768

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.

Finalmente, y como parte de un proceso exploratorio la tabla 9 presenta los resultados del modelo lineal tipo OLS descrito en la ecuación 1 de la sección metodológica. En estos resultados se pueden observar como características como el ingreso total por hora reduce la probabilidad de estar trabajando en una ocupación con altos niveles de automatización. Asimismo, realizar actividades analíticas e interactivas reduce la probabilidad de automatización en cerca del 7% y 5% respectivamente. Por su parte, al realizar actividades que son sujetas a la rutinización aumenta la probabilidad de automatización en cerca del 3.7% y desarrollar actividades manuales disminuye la probabilidad de automatización en cerca del 8% y 10% respectivamente. Estos resultados son acordes a lo descrito en la literatura y además a lo que se asocia como polarización laboral y salarial.



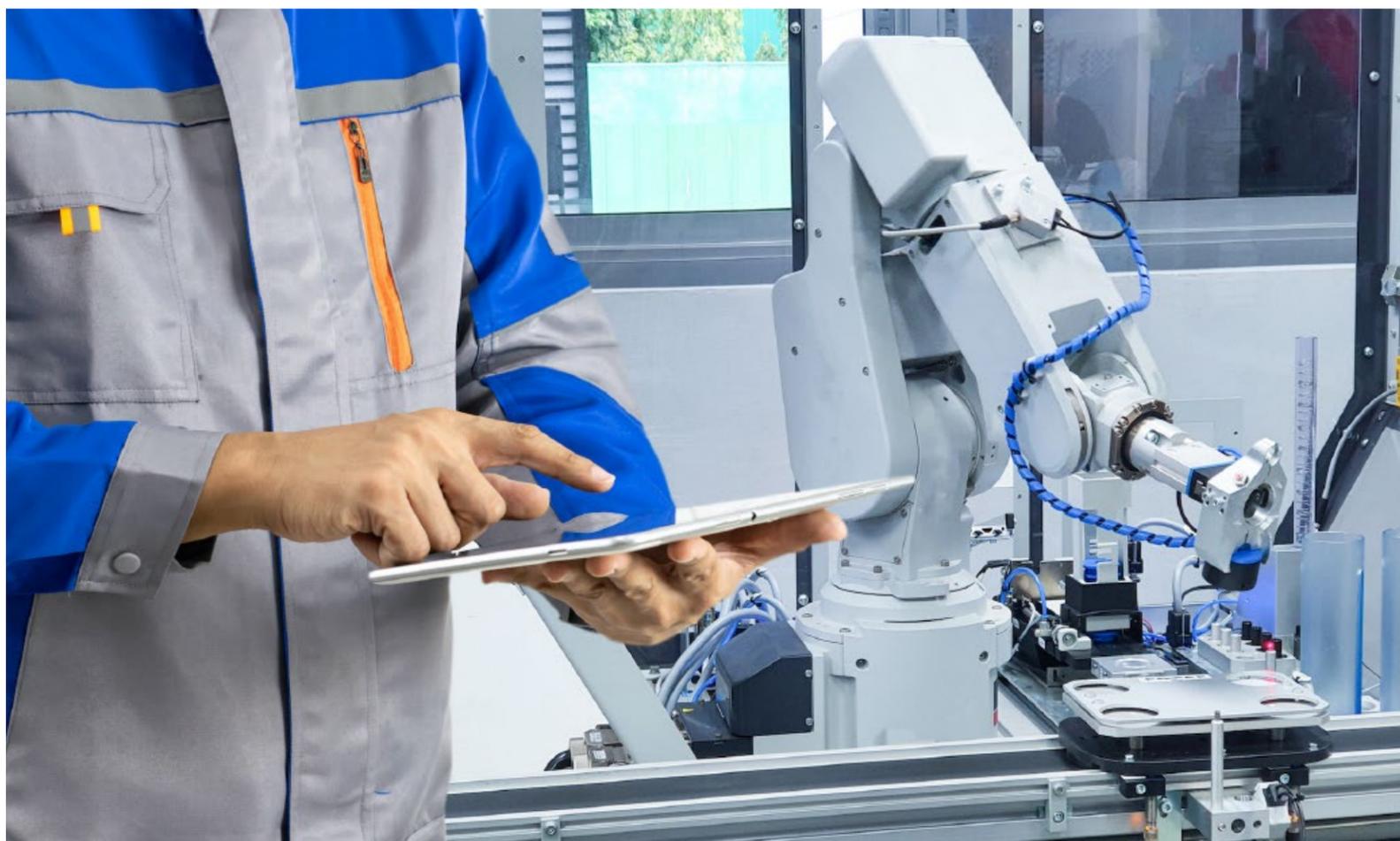
Tabla 9. Relación entre probabilidad de automatización y variables del mercado laboral colombiano

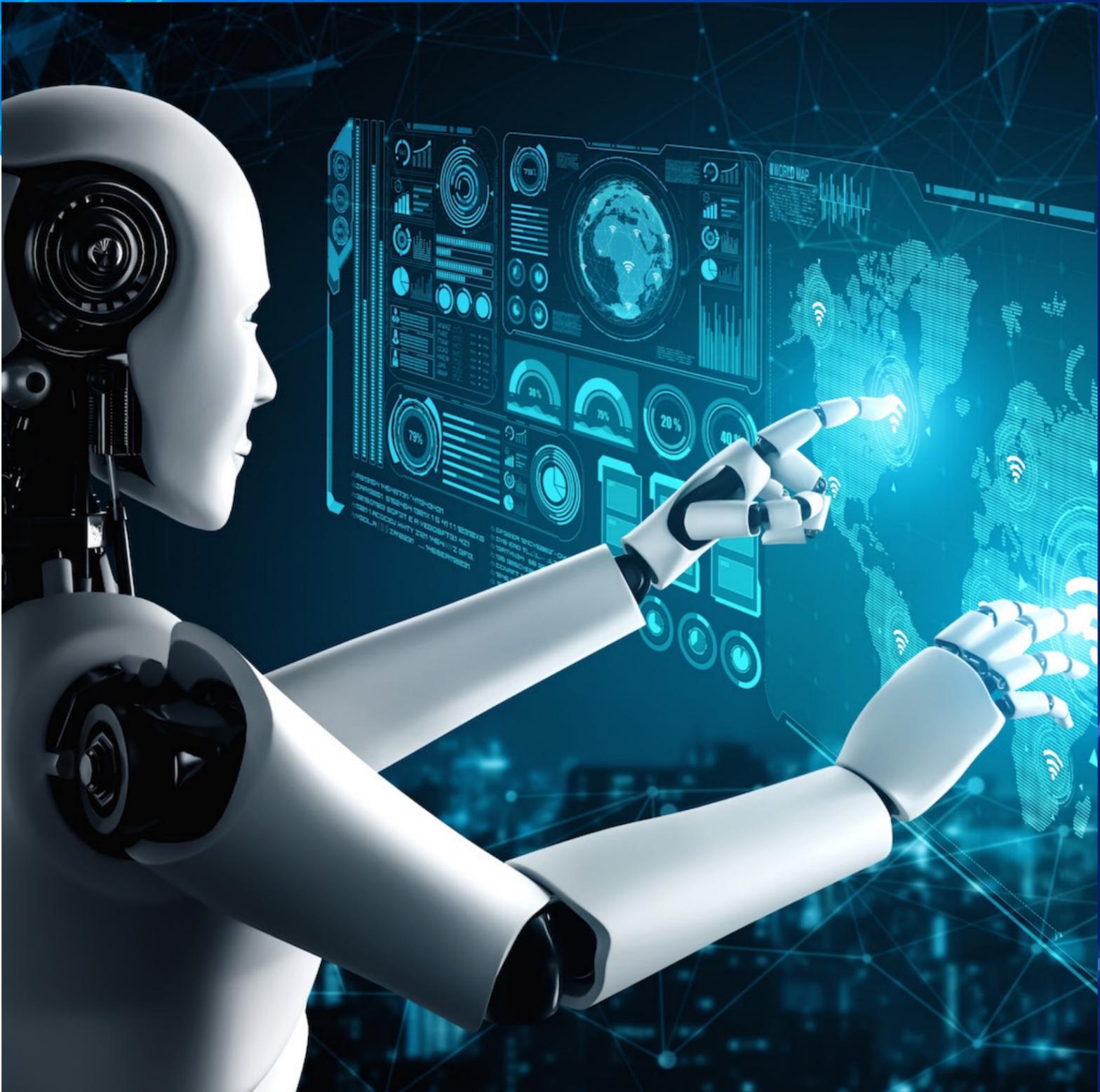
VARIABLES	(1) Probabilidad de automatización
Ingreso total hora	-0.0000** (0.000)
Total horas trabajadas	-0.0007 (0.001)
Especialización geografica	0.0201 (0.027)
Analitica no Rutinaria	-0.0715*** (0.018)
Interactiva no Rutinaria	-0.0513*** (0.015)
Cognitiva Rutinaria	0.0375*** (0.009)
Manual rutinaria	-0.0872*** (0.026)
Manual no Rutinaria	-0.1059*** (0.025)
Proporción vacantes TIC	-0.1499** (0.075)
Constante	1.4441*** (0.170)
Observations	359
R-squared	0.469

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia. Datos de la GEIH.





SECCIÓN B. COMPONENTE CUALITATIVO

6. Descripción de metodología utilizada

La metodología de prospectiva laboral cualitativa tiene por objetivo anticipar las necesidades futuras de recursos humanos en términos de ocupaciones o cargos y sus respectivos descriptores (actividades, conocimientos, habilidades y actitudes) que serán impactadas por las tendencias tecnológicas u organizacionales que se difundirán en un determinado sector económico.

Para su implementación, esta metodología requiere en un principio de una revisión de fuentes secundarias como papers, páginas de instituciones internacionales, entre otras, con la que se identifica las tendencias tecnológicas, organizaciones y verdes que se prevé afectará al capital humano de un sector determinado. Igualmente, se identifica cargos nuevos, en transformación y los que perderán relevancia, nuevos requerimientos en conocimientos y habilidades a causa de la implementación de tendencias por parte de las empresas.

Posteriormente, se realiza una consulta a expertos técnicos del sector que tengan amplios conocimientos y experiencia sobre las tendencias del sector, y cómo ello se traduce en los nuevos requerimientos de fuerza de trabajo, información con la cual es posible anticipar las demandas futuras de formación de un determinado sector.

Todo este ejercicio requirió de la identificación y priorización de tendencias (realización de grupos focales), etapa que se llevó a cabo a través de la consulta con mesas técnicas de expertos del sector en cada una de las ciudades priorizadas en la cual se efectuaron los siguientes pasos:

- **Paso 1.** Identificación de tendencias tecnológicas y organizacionales del sector con mayor probabilidad de difusión para los próximos años.
- **Paso 2.** Identificación de líneas o áreas de especialidad por cada gran tendencia, en los que se espera un gran desarrollo hacia el futuro en el sector.
- **Paso 3.** Validación del horizonte de tiempo en que se espera que dichas tendencias tecnológicas y organizacionales se difundan e impacten los cargos y competencias del talento humano.
- **Paso 4.** Identificación de cargos impactados por cada una de las tendencias, en la cual se efectúa la asociación de cargos que se impactarán por las tendencias priorizadas y requerirán de nuevas competencias en los próximos años. Esto se realizó a través de la aplicación de entrevistas semiestructuradas a empresas del sector.
- **Paso 5.** Levantamiento de información de los descriptores (competencias) de los cargos impactados por tendencias, lo cual también se realiza a través de la aplicación de la entrevista semiestructurada a las empresas en las diferentes ciudades consultadas. Esta información corresponde a las funciones, conocimientos, habilidades y actitudes

de cada uno de los cargos que serán impactados por las tendencias priorizadas por los entrevistados.

Modificaciones metodológicas

A raíz de la pandemia que causó cambios en las dinámicas y relaciones de trabajo en las compañías, obligándolas a adoptar el modelo de trabajo en casa, situación que se ha generalizado tanto en las empresas del sector privado como en las instituciones del sector público, el Ministerio del Trabajo desde el área técnica optó por realizar los siguientes cambios metodológicos.

Con respecto a la fase de consulta a expertos por medio de mesas técnicas o grupos focales, esta fue suprimida, en su lugar para validar las tecnologías 4RI, las tendencias específicas, el horizonte de tiempo, el impacto en el capital humano (nuevos requerimientos por parte de las empresas en funciones, conocimientos, habilidades y competencias transversales por el impacto de la implementación de las tecnologías) y los cargos que se verán impactado, se realizó su validación en las entrevistas con expertos de empresas e instituciones del sector tecnología.

Además de identificar los cargos impactados por las tecnologías (cargos en transformación, nuevos y que perderán relevancia), se identificó los cargos demandados por las empresas de servicios tecnológicos y las principales falencias en capital humano en las compañías relacionadas a cada una de las tecnologías priorizadas para el presente estudio.

7. Revisión de fuentes secundarias sobre la industria 4.0

La industria 4.0 se ha venido desarrollando en los diferentes países como producto de los progresos en tecnologías de la información, la internacionalización de los mercados y el aumento de la competencia¹⁰. La industria 4.0 se caracteriza por incluir en los procesos de producción actuadores y sensores integrados, redes de microcomputadoras y por la vinculación de máquinas a la cadena de valor. Además, se incluye la mejora digital y la reingeniería de productos. Asimismo, se identifica por productos personalizados, por ofrecer una combinación de productos y servicios y por tener una cadena de suministro eficiente¹¹.

7.1. Modelos de gestión para la industria 4.0

En esta primera sección se realiza una revisión de diferentes fuentes de información secundaria, que en su mayoría son papers, los cuales en su mayoría afirman que para lograr

¹⁰ Katarzyna, G., y Lupicka. A. (2018). Key competencies for Industry 4.0. VOLKSON PRESS. Economics & Management Innovations (ICEMI).

¹¹ Shamim, S., Cang, S., Yu, H., y Yun L. (2017). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management Perspective. ResearchGate.

sectores productivos eficientes que adopten los diferentes procesos y tecnologías que implica la industria 4.0, se hace necesario disponer de empresas que hagan inversiones en tecnologías de punta, que cuenten con sistemas de gestión propicios para la innovación y que tengan capacidad de gestión empresarial. En una primera instancia, en algunos estudios se resalta la necesidad de replantear los enfoques o modelos de gestión para volver a las empresas más eficientes, que generen climas de trabajo apropiados para incentivar la innovación y generen espacios para el constante aprendizaje de los trabajadores en las compañías¹². Tomando como referencia el artículo Shamim, S., Cang, S., Yu, H., y Yun L. (2017), en primera medida se recomienda que las empresas tengan en cuentas las siguientes elementos o prácticas:

Estructura organizacional

Las actuales estructuras organizacionales de las empresas se caracterizan por ser centralizadas, tener tareas especializadas, muchas reglas y trámites, por tener una estricta jerarquía de autoridad y de comunicaciones verticales, que siguen el cauce establecido por niveles jerárquicos presentes en una organización, que va desde los cargos más altos hasta los bajos o viceversa, este tipo de estructuras no son recomendables en ambientes caracterizados por entornos inestables y en constante cambio de tipo tecnológico, como el que se prevé con la industria 4.0.

Jerarquías planas, entornos empresariales descentralizados, estructuras y procesos flexibles, permiten una toma de decisiones más rápida y promueve el espíritu emprendedor e innovador de los trabajadores. Se hace necesario manejar sistemas de comunicación en donde fluya la información, basados en las interconexiones al interior de las diferentes áreas de las empresas y con las demás empresas del sector, con los proveedores y clientes. Para el caso del sector manufacturero en Alemania, algunas empresas crearon nuevas unidades de negocio con las áreas afectadas por las tecnologías o que incluían proyectos de industria 4.0, dadas las características particulares de los proyectos, formaron equipos de trabajo heterogéneos por periodos de tiempo determinados. Igualmente, conectaron la cadena de valor de manera vertical y horizontalmente, lo que permitió desarrollar nuevos modelos de negocios orientados al servicio¹³.

En razón a lo expuesto anteriormente, es preciso tener en cuenta las siguientes estructuras organizacionales, que son más compatibles con la industria 4.0:

- i. **Estructura matricial:** es un tipo de organización que agrupa al capital humano y a los recursos por funciones y productos, es una estructura más flexible que puede adaptarse de forma más rápida a los cambios.
- ii. **Equipos de proyecto:** es una estructura que pone diferentes procesos y funciones en un sólo equipo de trabajo para lograr los mismos objetivos, es una estructura que facilita la resolución de problemas, agiliza la toma de decisiones, propicia el aprendizaje y

¹² Shamim, S., Cang, S., Yu, H., y Yun L. (2017). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management Perspective. ResearchGate.

¹³ Veile, J., Kiel, D., Marius, D., y Voigt, K. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. Journal of Manufacturing.

la innovación. Es un enfoque que podría generar un clima adecuado para el desarrollo de la industria 4.0.

iii. Jerarquía plana: las estructuras planas son reconocidas por tener un menor nivel de jerarquía, hay menores niveles gerenciales, pero el número de personas que le reportan a un mismo jefe es mayor, este tipo de estructura facilita la comunicación y reduce la distancia entre los empleados y los jefes. Es una organización que facilita la participación de los empleados en discusiones y en la toma de decisiones, lo que aumenta las posibilidades de aprendizaje y hace que los procesos sean más ágiles.

iv. Estructura descentralizada: con este enfoque la toma de decisiones se hace en los niveles inferiores de las compañías, no necesitan de la aprobación de la alta gerencia. Permite que los empleados tomen decisiones oportunas y cambiar de dirección los procesos de forma rápida.

Tipo de liderazgo

Un elemento fundamental para tener en cuenta en las organizaciones es el tipo de liderazgo a adoptar, para alcanzar los objetivos en las compañías es importante identificar el más pertinente y que genere espacios en los que los diferentes equipos de trabajo logren las metas propuestas. De acuerdo con la literatura, el éxito de algunas empresas como Microsoft Corporation y Apple no se deben al éxito en las habilidades técnicas, sino al liderazgo ejercido por las directivas, que sabían cómo extraer los mejores resultados de sus trabajadores. Tomando como referencias las características de la industria 4.0, el liderazgo transformacional es uno de los más recomendados para incentivar la innovación y el aprendizaje continuo. No obstante, se recomienda un tipo de liderazgo orientado al conocimiento, que pueda facilitarle a las organizaciones acelerar el ritmo de la innovación y el aprendizaje.

Prácticas de recursos humanos

Las prácticas de recursos humanos se consideran como una de las principales fuentes mediante las cuales las organizaciones pueden potencializar los conocimientos, habilidades y competencias transversales de los trabajadores en las compañías. Algunas de las prácticas para tener en cuenta son:

Dotación de personal: las empresas deberán basar la contratación en la variedad de habilidades y conocimientos, los cuales deberán ser probados antes de la contratación con diferentes tipos de pruebas. Algunas habilidades que se deben evaluar y que podrían dar indicios que es una persona con capacidad innovadora y de aprendizaje continuo, son temas como la apertura a nuevas experiencias, el nivel de creatividad, preferencias por la variedad, la curiosidad intelectual, pensamiento flexible, para lo que se sugiere el uso de pruebas psicométricas.

La compensación: los autores resaltan la importancia de la implementación de sistemas de compensación para los trabajadores, en los que se les reconozca la contribución a las

organizaciones, tanto por el desempeño individual, grupal y organizacional.

Evaluación de desempeño: las evaluaciones de desempeño deberán estar enfocadas en el desarrollo de los empleados, basado en los resultados, con retroalimentación continua.

Capacitación: el otro factor para tener en cuenta es la capacitación, las organizaciones deberán estar dispuestas a invertir de forma constante en capacitación pertinente, la formación deberá estar dirigida a propiciar la innovación y el aprendizaje permanente, se deben impartir diferentes tipos de capacitación, que fomente las habilidades en los trabajadores para generar capacidad de realizar multitareas.

Tomando como referencia el trabajo de Veile, J., Kiel, D., Marius, D., y Voigt, K. (2019), que muestra los resultados de un estudio cualitativo para la industria manufacturera de Alemania, se resalta que la industria 4.0 demanda más competencias y habilidades de los trabajadores, como conocimientos de las TIC, competencias interdisciplinarias y competencias sociales como la disponibilidad al cambio, tolerancia al fracaso, voluntad de aprender de los errores, creatividad, entre otros. Por lo que para llevar a cabo los procesos de capacitación en algunas empresas se realizan talleres, aprendizaje basado en escenarios y prácticas en temas especiales. Igualmente, han utilizado tutorías donde diferentes mentores de diversas disciplinas enseñan temas relevantes para los empleados de las compañías. Asimismo, en las sesiones de entrenamiento se deben priorizar temas como trabajo en equipo y resolución de problemas. En las entrevistas aplicadas a los empresarios del sector manufacturero, los entrevistados resaltaron la importancia que los programas de formación estén interrelacionados con la práctica, basados en las tareas específicas que los empleados deben ejecutar en las empresas.

Planeación centrada en el corto plazo

En un contexto en que se busca promover la industria 4.0, la planeación de las empresas deberá estar más centrada en acciones y proyectos de corto plazo. Tanto las organizaciones como los trabajadores deberán estar dispuestos a adoptar los cambios, introducirlos en los diferentes procesos de las empresas y generar resultados positivos de manera inmediata.

Constante receptividad para abandonar proyectos y conocimientos

Para disponer de organizaciones competitivas y eficientes en un contexto de industria 4.0, los periodos de desarrollo y de innovación deberán ser más cortos, por lo que se hace necesario abandonar antiguos planes de inversión a largo plazo, así como, aceptar que muchos de los conocimientos y formas en las que se hacían las cosas en las organizaciones se han vuelto obsoletas, por lo que no se podrá seguir haciendo uso de ellas y se tendría que estar dispuesto a adoptar con rapidez nuevos conocimientos y formas de hacer los procesos y productos finales.

7.2. Demanda de competencias gerenciales claves

El concepto de la industria 4.0 describe la creciente digitalización de la cadena de valor, con lo que crea oportunidades nuevas para las empresas, pero al tiempo, desafíos que surgen de la actual digitalización y automatización de los diferentes procesos. En un estudio realizado en Polonia para los sectores automotriz y farmacéutico, en el que se les aplicó cuestionarios a los gerentes de las principales compañías de estos sectores, para identificar cuáles son las competencias del nivel gerencial consideradas más importantes y demandadas por las empresas en un contexto de industria 4.0, los entrevistados señalaron varias competencias transversales. En orden de importancia, los empresarios resaltaron las siguientes competencias: toma de decisiones, orientación a la eficiencia, resolución de conflictos, resolución de problemas, pensamiento emprendedor, capacidad de análisis, creatividad y habilidades de investigación¹⁴. Se prevé que el conocimiento será un factor determinante para el desarrollo y crecimiento de las empresas, por lo que los empleados con competencias como pensamiento emprendedor, toma de decisiones, se podrán destacar en el mundo laboral, dado que son personas que tienden a pensar de manera creativa y a asumir la responsabilidad de sus trabajos, así como los rendimientos¹⁵.

7.3. Formación y educación para la industria 4.0

La industria 4.0 implica la implementación de tecnologías como el internet de las cosas, cloud computing, realidad aumentada, simulación de sistemas, integración de sistemas, entre otras, por lo que también se le conoce como “fábricas inteligentes”. En las fábricas inteligentes los procesos estarán totalmente automatizados. Para la adopción y aprehensión de las diferentes tecnologías que implica la industria 4.0 es necesario tener conceptos didácticos e innovadores, por lo que los requerimientos para los ingenieros se han ido desplazando de las tareas manuales por habilidades como programación y análisis de información, los ingenieros rezagados en las habilidades demandadas por las empresas estarán en riesgo de ser reemplazados, a menos que sean reentrenados. Para que los estudiantes de ingeniería se familiaricen con la industria 4.0, es necesario nuevos planes de estudio, con un modelo de educación más enfocado a la práctica, a resolver problemas que se presentan en las empresas del sector, motivos por los que en algunos países se han implementado las “fábricas de aprendizaje”¹⁶.

Con la implementación de las fábricas de aprendizaje la formación es impartida en entornos reales, permite modernizar el proceso de aprendizaje y lo acerca a la práctica industrial, se promueve la innovación mejorando las capacidades de los estudiantes de ingeniería, creando capacidad de resolución de problemas, incentivando la creatividad en entornos totalmente prácticos. Algunos de los requerimientos para las fábricas de aprendizaje son¹⁷:

14 Katarzyna, G., y Lupicka. A. (2018). Key competencies for Industry 4.0. VOLKSON PRESS. Economics & Management Innovations (ICEMI).

15 Veile, J., Kiel, D., Marius, D., y Voigt, K. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. Journal of Manufacturing. www.emeraldinsight.com/1741-038X.htm.

16 Kambarov, I., Rustamov, A., Inoyatkhodjaev, J., y Hoshimov, A. (2018). The Path to Industry 4.0. Creation of Learning Factory for education students of technical universities in Uzbekistan. Researchgate.

17 Ibidem, pág. Pág. 4.

i. **Ingeniería digital:** El ciclo de vida de un producto y de la producción se deben integrar mediante herramientas de tecnologías de la información. Esta integración, permite desarrollar un Sistema Ciber Físico, que es un modelo virtual de una entidad física capaz de realizar análisis y virtualización del producto y proceso¹⁸.

ii. **Automatización:** en varias investigaciones se ha considerado las fábricas de aprendizaje para capacitar y comprender el estado del arte de la automatización y la tecnología de la información industrial relacionada con la “Industria 4.0”. Los principales componentes de hardware de la Automatización e Integración Industrial a considerar son los siguientes: controladores, identificación por radiofrecuencia (RFID) y el interfaz hombre-máquina (HMI) ¹⁹.

iii. **Sistemas de producción ciberfísica (CPPS):** Es un modelo virtual con la capacidad de tomar decisiones descentralizadas. Es una herramienta que permite simulaciones de todo el proceso el proceso de fabricación por intermedio del concepto de fábrica virtual, en la que esta tecnología combina producción, logística de producto, servicio y entrega y control de problemas²⁰.

Algunas habilidades técnicas y software requeridos para la industria 4.0 en cuanto a diseño son: las herramientas CAD, CAM y simuladores de máquinas, y las habilidades técnicas demandadas son programación de robots, codificación y manejo de máquinas. Para la automatización, se requiere los softwares PLC y SCADA, las habilidades técnicas solicitadas son RFID y IoT. Para Un sistema Ciber-Físico de Producción Industrial (CPPS), se demanda software Tecnomatics, Siemens, Robot DK y otros simuladores de plantas, las habilidades técnicas exigidas es gestión eficiente. Para implementar un sistema de integración vertical se requieren los softwares MES y MOM, las habilidades técnicas demandadas son gestión de operaciones y manejo de las áreas físicas de las fábricas. Para la integración horizontal se requiere conocimiento y manejo de SAP, ERP y Cloud Computing, las habilidades técnicas solicitadas son gestión de operaciones y Big Data Analytics²¹.

La industria 4.0 comprende una serie de tecnologías que facilita la inclusión de procesos en la cadena de producción de manera más eficiente, dando lugar a empresas más competitivas. En el presente estudio se hace un análisis de las principales tecnologías que tendrán un impacto en el capital humano del sector productivo del país, a continuación, se hace un análisis de cada una de ellas.

8. ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS O FACTORES DE CAMBIO EN LA INDUSTRIA 4.0

A continuación, se presenta los resultados de una revisión de fuentes secundarias y de las entrevistas realizadas a empresarios y expertos de instituciones relacionadas con el

18 Ibidem, pág. Pág. 4.

19 Ibidem, pág. Pág. 5.

20 Ibidem, pág. Pág. 6.

21 Ibidem, pág. Pág. 7.

sector tecnológico. En esta sección, se muestran las tecnologías priorizadas y tendencias específicas identificadas y validadas en las entrevistas.

8.1. Computación en la nube

La computación en la nube o cloud computing es una tecnología que permite acceder remotamente, desde cualquier lugar del mundo y en cualquier momento, a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos a través de Internet, sin la necesidad de conectarse a un ordenador personal o servidor local. En otros términos, la computación en nube viene a ser la red de computadores que tienen como fin dar un servicio en base al internet.

De acuerdo con las fuentes secundarias y primarias consultadas para la tecnología computación en la nube se identifica cinco tendencias específicas: i) Multi-cloud, ii) Computación de borde (Edge computing), iii) Infraestructura como servicio, iv) Serverless Computing y v) FaaS (Function as a Service).

Tabla 10. Descripción de las tendencias para la tecnología computación en la nube

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Multi-cloud ²²	“Multi Cloud consiste en mezclar y combinar las mejores soluciones y servicios de diferentes proveedores de nube (Amazon, Azure, etc.) para crear la solución más adecuada para una empresa. Minimiza la cantidad de dependencia de los proveedores y brinda a las organizaciones más flexibilidad con su solución en la nube en diferentes puntos de precio y aprovechar las fortalezas, ventajas y ubicaciones geográficas relativas” ²³ .	CP	Medio-Alto
Computación de borde (Edge computing)	La computación de borde actúa sobre los datos de origen. La computación de borde es una infraestructura de computación distribuida que hace que las aplicaciones empresariales se acerquen a los orígenes de datos, como dispositivos IoT o servidores locales de borde. Esta proximidad a los datos en su origen puede ofrecer beneficios, mejores tiempos de respuesta y mejor disponibilidad del ancho de banda ²⁴ .	CP	Bajo

²² Es preciso aclarar que para algunos expertos consultados el multi cloud no es una tendencia, no obstante, para otros si lo es.

²³ Tomado: <https://trustnet.com.mx/2020/11/11/que-es-multicloud/>.

²⁴ Tomado: <https://www.ibm.com/mx-es/cloud/what-is-edge-computing#:~:text=La%20computaci%C3%B3n%20de%20borde%20es%20una%20infraestructura%20de,dispositivos%20de%20IoT%20o%20servidores%20locales%20de%20borde.>

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Infraestructura como servicio	La infraestructura como servicio (IaaS) es un tipo de servicio de informática en la nube que ofrece recursos esenciales de proceso, almacenamiento y redes a petición que son de pago por uso ²⁵ .	CP	Medio
Serverless Computing	Es un módulo o servicio de computación en la nube totalmente autogestionado en el que el proveedor de la nube ejecuta el servidor y lo administra asignando y adaptando los recursos de éste según las necesidades del usuario o de la empresa. Las estructuras sin servidor permiten a sus usuarios concentrarse en la actividad de su empresa, sin tener que preocuparse por ningún servidor ²⁶ .	CP	Medio
FaaS (Function as a Service)	La FaaS es una forma de implementar la informática sin servidor, donde los desarrolladores escriben la lógica empresarial que luego se ejecuta en los contenedores de Linux totalmente gestionados por una plataforma ²⁷ .	CP	Alto

Fuente: Entrevistas aplicadas.

8.2. Computación cuántica

Es una tecnología que está siendo desarrollada principalmente por importantes empresas tecnológicas como IBM, Microsoft, Intel o Google. La computación cuántica es una rama informática que se basa en los principios de la superposición de la materia y el entrelazamiento para desarrollar una computación diferente a la actual. Sería una nueva tecnología con mucha más capacidad de almacenamiento y de hacer procesamiento con algoritmos más complejos²⁸.

“La computación cuántica a diferencia de la clásica usa como unidad básica el qubit en vez del bit convencional, la principal característica del sistema alternativo es que admite la superposición coherente de unos y ceros, a diferencia del bit, que sólo puede adoptar un valor al mismo tiempo uno o cero. Esta característica de la computación cuántica hace que un qubit pueda ser cero y uno a la vez, y además en distinta proporción. La multiplicidad de estados posibilita que un ordenador cuántico de apenas 30 qubits, por ejemplo, pueda realizar 10 billones de operaciones en coma flotante por segundo”²⁹.

25 Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-iaas/>.

26 Tomado: <https://www.icm.es/2021/01/17/serverless-computing/#:~:text=Serverless%20computing%20es%20un%20m%C3%B3dulo%20o%20servicio,las%20necesidades%20del%20usuario%20o%20de%20la%20empresa.>

27 <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-native-apps/what-is-faaS.>

28 Tomado: <https://www.xataka.com/ordenadores/computacion-cuantica-que-es-de-donde-viene-y-que-ha-conseguido.>

29 Tomado: Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-computacion-cuantica.>

Algunos de los retos identificados en la computación cuántica son los referentes a los lenguajes de programación, esta tecnología carece de un código propio, por lo que es necesario recurrir al desarrollo de algoritmos específicos de alta complejidad. En cuanto a la funcionalidad, un computador cuántico no es una herramienta para uso generalizado, como los portátiles ampliamente usados en la actualidad, son supercomputadoras que sólo son usadas en el ámbito corporativo, científico y tecnológico³⁰. Por otro lado, también se ha identificado que los ordenadores cuánticos son difíciles de construir, funcionan a temperaturas cercanas a cero, el soporte de los qubits son los superconductores, que presentan altos grados de complejidad para que puedan ser leídos y manipulados. Igualmente, los qubits son inestables, son sensibles a perturbaciones o al ruido, aspectos que pueden alterar los resultados de las operaciones³¹.

8.3. Impresiones 4D

La impresión 4D crea objetos movibles y variables en la forma, como componentes planos que se pueden plegar posteriormente en objetos tridimensionales o incluso objetos que pueden cambiar su forma como resultado de influencias externas.

Permite que estructuras puedan asumir varias formas estables. Los investigadores también han desarrollado software de simulación, pueden predecir con precisión las formas y la fuerza que deben aplicarse para producir la deformación, esto les ayuda en el diseño de objetos. Los científicos de laboratorio Kritina Chea de Diseño e informática imprimieron sus estructuras con una impresora profesional multi-material 3D, que puede imprimir objetos de hasta 40 materiales diferentes.

8.4. Realidad virtual

La realidad virtual es una tecnología que les permite a los usuarios interactuar con un entorno que existe sólo a través de una computadora, para lo que es necesario usar dispositivos especiales, como por ejemplo las gafas de realidad virtual. Es una tecnología ampliamente usada en el mundo de los videojuegos³².

Los usos de la realidad virtual son varios. La tecnología puede ser empleada para permitir que diferentes ocupaciones y ciencias enseñen procesos y lleven a cabo investigaciones de mejor calidad con imagen digital³³.

A continuación, se relacionan algunos usos actuales de la realidad virtual:

- **Aplicación de la realidad virtual en la medicina:** Una de las áreas en que se emplea ampliamente la realidad virtual es en la medicina, gracias a esta tecnología, la medicina ha venido alcanzando un mayor grado de eficacia. Es usada para realizar simulaciones para la formación de médicos, en cirugías, tratamiento de fobias, traumas psicológicos

30 Tomado: Iberdrola. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-computacion-cuantica>.

31 <https://www.xataka.com/ordenadores/computacion-cuantica-que-es-de-donde-viene-y-que-ha-conseguido>.

32 Tomado de: <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-realidad-virtual/>.

33 https://techlandia.com/usos-realidad-virtual-hechos_174899/.

y el control del dolor, utilizando técnicas de distracción³⁴.

- **Aplicación de la realidad virtual en el entrenamiento:** Otro de los usos de la realidad virtual es en el entrenamiento militar. Esta tecnología permite crear simulaciones en las que los participantes pueden mejorar sus habilidades y entrenar en entornos seguros, con la ventaja que pueden aumentar el número de prácticas a costos bajos. También se aplica esta tecnología en el entrenamiento de pilotos, permitiendo la reducción de los tiempos de transferencia entre la formación en tierra y los vuelos reales.
- **Aplicación de la realidad virtual en turismo:** Actualmente la realidad virtual es empleada para realizar recorridos como si el turista estuviera en el lugar que visita. Uno de los usos más destacados es el de los museos, dado que se puede contextualizar las obras más fácilmente y mejora el mensaje que el museo quiere presentar. Otro de los usos es el de las rutas guiadas por ruinas arquitectónicas o espacios naturales, la realidad virtual aporta plasticidad y belleza estética, además, reduce el “desgaste” entre objetos y edificios, evitando así su deterioro³⁵.
- **Aplicación de la realidad virtual en ocio y entretenimiento:** El uso de la realidad virtual en los videojuegos es la aplicación más conocida que existe para el público. Es también el mercado que más rápido ha evolucionado en las últimas tres décadas, dado que sus admiradores pueden gastar grandes cantidades de dinero para hacerse con todos los componentes necesarios para experimentar una inmersión total. Aunque hoy este sector pierde peso a favor de la medicina, el entrenamiento y el turismo, los videojuegos han dado un salto cualitativo gracias a dispositivos como Samsung Gear VR, Oculus VR, PlayStation VR y HTC Vive, entre otros.
- **La realidad virtual en la educación:** Las posibilidades de la realidad virtual en el ámbito de la educación son infinitas y permiten generar diferentes modelos de formación que están cambiando la manera de enseñar. Uno de los usos más habituales es en el diseño de modelos arquitectónicos o la visualización de partes del cuerpo humano.

8.5. Inteligencia Artificial

El sector de la inteligencia artificial (IA) tuvo un tamaño de mercado valorado en 39.9 billones de dólares para 2019 y se espera que su tasa de crecimiento compuesto anual sea de 42.2% entre 2020 y 2027. El alto crecimiento esperado de este sector se sustenta en el continuo interés de las grandes empresas de tecnología que han mantenido en aumento su inversión, investigación e innovación en inteligencia artificial. Así mismo muchas tecnologías de IA han sido adoptadas en diversas industrias y sectores que se espera sean los que impulsen la demanda futura de la IA, y le den un papel cada vez más prominente dentro de las organizaciones.

El principal determinante del rápido desarrollo esperado y constante innovación en IA es la accesibilidad a fuentes de información histórica. En la actualidad el almacenamiento y digitalización de grandes bases de datos es cada vez más fácil y es de gran interés por

34 <https://www.formadisseny.com/cuales-los-principales-usos-la-realidad-virtual-la-actualidad/>.

35 <https://www.formadisseny.com/cuales-los-principales-usos-la-realidad-virtual-la-actualidad/>.

parte de gobiernos e instituciones. Las bases de datos son el recurso primario de la investigación, y el mundo se ha embarcado en el camino de generar bases estructuradas y con estructuras cada vez más diversas y ricas en información. Esta alta disponibilidad de información y su alto crecimiento es lo que permite pronosticar que a futuro las innovaciones e investigaciones de IA serán más fructíferas y ágiles.

En el mundo la IA artificial ha comenzado a modificar su paradigma, con su comienzo en el aprendizaje de máquina clásica, los actuales desarrollos de redes neuronales artificiales y aprendizaje profundo han ayudado a la implementación de tecnologías de IA en diversas industrias y sectores tecnológicos como el automovilístico o el aeroespacial, llegando hasta la salud. Ejemplos de su implementación es el análisis y mejoramiento de imágenes y videos, que traen grandes beneficios por ejemplo para el sector de seguridad y monitoreo, pero que también ven sus aplicaciones en la salud al poder ser usados para generar rápidos diagnósticos a partir de placas radiográficas o cualquier otra imagen diagnóstica. Este último caso ejemplifica algunos de los desarrollos generados durante la actual pandemia, donde algunas empresas generaron aplicaciones para diagnosticar la infección a partir del análisis de tomografías.

De acuerdo con las fuentes secundarias y primarias consultadas para la tecnología IA se identifica tres tendencias específicas: i) Machine learning, ii) Análisis y procesamiento de imágenes y videos, iii) Generación de Lenguaje Natural (NLG) y Procesamiento del Lenguaje Natural (GLP). De acuerdo con la percepción de los expertos que participaron en las entrevistas, las tres tendencias ya se están dando en el país y tienen un alto impacto en los cargos demandados por el sector productivo del país.

Tabla 11. Descripción de las tendencias para la tecnología inteligencia artificial

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Machine learning	Permite que las máquinas aprendan sin ser expresamente programadas para ello, es un maestro del reconocimiento de patrones, con la capacidad de convertir una muestra de datos en un programa informático capaz de extraer inferencia de nuevos conjuntos de datos para los que no ha sido entrenado previamente ³⁶ .	CP	Alta
Análisis y procesamiento de imágenes y videos	En el país ya se está haciendo análisis y procesamiento de imágenes y videos. Las empresas están haciendo reconocimiento de anomalías en los procesos de producción. En el sector salud se obtiene diagnósticos a partir de placas radiográficas o cualquier otra imagen diagnóstica.	CP	Alta

36 Tomado: <https://www.bbva.com/es/machine-learning-que-es-y-como-funciona/>.

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Generación de Lenguaje Natural (NLG) y Procesamiento del Lenguaje Natural (GLP)	<p>La GLN son desarrollos por medio de una serie de habilidades a nivel cognitivo, que buscan imitar las habilidades del ser humano en cuanto a comunicarse entre ellos. Para que las máquinas sean capaces de manejar el lenguaje humano se hacen necesarias técnicas de Lingüística Computacional³⁷.</p> <p>El Procesamiento del Lenguaje Natural es el campo de conocimiento de la Inteligencia Artificial que se ocupa de la investigar la manera de comunicar las máquinas con las personas mediante el uso de lenguas naturales, como el español, el inglés o el chino³⁸.</p>	CP	Alta

Fuente: Entrevistas aplicadas.

El mercado de IA regional está ampliamente dominado por Norte América, donde se concentró aproximadamente el 42% del beneficio total del sector. Esta alta concentración se explica desde la presencia de muchas firmas tecnológicas de gran dimensión y también desde la existencia de políticas gubernamentales favorables que promueven el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías de IA. La segunda región global más destacada en este sector es Asia Pacífica, donde se esperan altas tasas de crecimiento del mercado de IA, con nuevas inversiones, acuerdos y créditos que permitirán la llegada de cada vez más firmas internacionales y la continuidad en el surgimiento de firmas tipo start-up que promuevan el desarrollo e innovación en IA.

En el mercado de IA se distinguen tres grandes ramas de producto final, los desarrollos de software, los de hardware y la prestación de servicios. El mercado actual está dominado por el software con una participación de mercado de 39%, que se explica desde el crecimiento en la capacidad de almacenamiento de computación y procesamiento de datos, este último impulsado por la implementación cada vez más estándar del procesamiento en paralelo. Todo lo anterior ha servido para que el segmento de software del sector haya ganado prominencia al generar aplicaciones de alta gama que solucionan las necesidades y demandas de empresas sobre análisis y pronóstico de diferente índole.

En cuanto a los servicios de IA, estos agrupan la instalación, integración, mantenimiento y soporte prestados para tecnologías de IA, para este segmento se proyectan altas tasas de crecimiento compuesto anual a medida que más y más tecnologías de IA sean implementadas. En cuanto al tercer segmento, el de hardware, este incluye principalmente los desarrollos en microchips que permiten el procesamiento, desarrollo e implementación de las tecnologías de inteligencia artificial, específicamente esto hace referencia de for-

³⁷ <https://www.brandnlabel.com/customer-experience/que-es-la-generacion-de-lenguaje-natural-o-nlg/>.

³⁸ <https://www.iic.uam.es/inteligencia/que-es-procesamiento-del-lenguaje-natural/>.

ma genérica a procesadores (CPU), y más recientemente al extenso uso y desarrollo de nuevas tecnologías en tarjetas gráficas (GPU), pero también al diseño e implementación de circuitos integrados de aplicaciones específicas o los llamados matrices de puertas lógicas programables en campo.

Actualmente el desarrollo del sector ha sido impulsado en gran medida por las tecnologías de aprendizaje profundo que representan aproximadamente el 39% del beneficio total en el sector. Estas tecnologías incluyen principalmente el desarrollo de programas para el reconocimiento e interpretación de texto, audio y contenido multimedia en general. Los procesos de aprendizaje profundo y aprendizaje de máquina incluyen actualmente tanto plataformas de IA como aplicaciones cognitivas que incluyen procesos de identificación, agrupación, categorización, generación de hipótesis, generación de alertas, filtrado, navegación, visualización de información, entre otras. Todas estas respuestas analíticas se han visto impulsadas por la creciente implementación de almacenamiento en nube y de equipos adecuados de hardware para el aseguramiento de los grandes volúmenes de datos, favoreciendo así el crecimiento de la inversión en investigación y desarrollo de tecnologías de IA.

En cuanto a los usuarios finales, su relación con las tecnologías de IA no solo se limita a chatbots y desarrollos similares. En el mercado de consumidores finales el segmento de la publicidad y los medios de comunicación es el más importante con un 20% de participación de mercado, explicado por la implementación de IA en aplicaciones de mercadeo. Sin embargo, se anticipa que para 2027 otros sectores ganen el primer puesto en participación de mercado, especialmente se espera un alto crecimiento en la implementación de tecnologías de IA en la salud, donde ya se están desarrollando aplicaciones como la cirugía asistida por robots, la dosificación asistida, los servicios de enfermería virtual, la identificación de participantes de pruebas clínicas, la administración de turnos en hospitales y triaje, y la interpretación automática de imágenes diagnósticas.

Otros sectores para el consumidor final que tienen alta demanda por tecnologías de IA son el segmento de análisis financiero y de riesgos, y la administración de inversiones y portafolios. Así mismo se ve creciente aplicación e implementación en segmentos como el comercio, el transporte, la agricultura, entre otros. También, por ejemplo, se han desarrollado implementaciones para el sector penal que permiten mediante IA dar un diagnóstico y sentencias preliminares que permite incrementar en gran medida la eficiencia de juzgados.

8.6. IoT (Internet of Things)

El Internet of Things (IoT) describe la red de objetos físicos que llevan sensores integrados, software y otras tecnologías con el fin de conectar e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet. Estos dispositivos abarcan desde objetos domésticos cotidianos hasta sofisticadas herramientas industriales.

De acuerdo con las fuentes secundarias y primarias consultadas para la tecnología IoT se identifica cinco tendencias específicas: i) Sintonización de datos, ii) Wearables, iii) Na-

noelectrónica y microelectrónica, iv) Combinación de IOT con otras tecnologías y v) Gemelos digitales.

De acuerdo con la percepción de los expertos que participaron en las entrevistas, hay tres tendencias que ya se están dando en el país y tienen un alto impacto en los cargos demandados por el sector productivo del país. Dos tendencias de las identificadas, se prevé que se desarrollaran en el país en el mediano plazo con un impacto medio en los cargos.

Tabla 12. Descripción de las tendencias para la tecnología IoT

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Sintonización de datos	Es el escenario en el que es pertinente para las organizaciones crear soluciones que integran datos desde muchos dispositivos de IoT en una arquitectura de análisis integral de datos para mejorar y automatizar la toma de decisiones. ³⁹	CP	Alta
Wearables	En el contexto de la tecnología de la IoT, los wearables hace referencia a la posibilidad de conectar objetos mediante la red. Cómo es esto posible, pues gracias a los sensores que incorporan los dispositivos y la conexión a internet. De esta manera se pueden transferir los datos que se capturan y el objeto pasa a convertirse en algo “inteligente” ⁴⁰ . Son objetos inteligentes como los relojes, entre otros.	CP	Alta
Nanoelectrónica y microelectrónica	Es la miniaturización de los componentes electrónicos. Sirve para hacer componentes muy pequeños como por ejemplo para los hospitales, para optimizar espacios, para medir patologías. Con la inclusión de esta tecnología, es posible que con un botón a partir del contacto con la piel y con el sudor, se pueda conocer algunas condiciones de salud de los pacientes.	MP	Medio
Combinación de IOT con otras tecnologías	Algunos de los potenciales de la tecnología IoT se dan cuando se puede integrar a los desarrollos en otras tecnologías como inteligencia artificial, blockchain, realidad aumentada y realidad virtual, entre otras.	CP	Alta

39 <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/architecture/example-scenario/data/big-data-with-iot>.

40 <https://www.ibertech.org/internet-de-las-cosas-iot-y-wearables/#:~:text=IoT%20abre%20por%20tanto%20diversas%20y%20amplias%20posibilidades,de%20medir%20alguna%20caracter%3%ADstica%20con%20un%20fin%20concreto>.

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Gemelos digitales	Consiste en replicar virtual o digitalmente un proceso o un modelo de negocio, por ejemplo, el desarrollo de una ciudad digital, se hace un modelo digital y ese se puede llevar a la realidad.	MP	Medio

Fuente: Entrevistas aplicadas.

La evolución de la tecnológica no solo se ve como un avance y alcance a nivel de comodidad de los usuarios, sino también se está viendo como una oportunidad para muchos profesionales de encontrar un empleo en cargos relacionados con el Internet de las Cosas. Con esto en mente, en la actualidad se tiene una elevada demanda de profesionales cualificados por parte de las empresas y por otro lado hay una escasez de profesionales con la formación necesaria.

8.7. Blockchain

Actualmente, empresas como IBM son líderes en el campo de la implementación de soluciones basadas en blockchain para diferentes problemas. Las empresas tienen un sistema en funcionamiento y ahora están en conversaciones con compañías farmacéuticas con el objetivo de lanzar proyectos pilotos. Dos hospitales del Reino Unido también están probando una expansión de un sistema blockchain que se usa actualmente para rastrear la distribución de medicamentos de quimioterapia y la vacuna contra el Covid-19.

De acuerdo con las fuentes secundarias y primarias consultadas para la tecnología blockchain se identifica cinco tendencias específicas: i) manufactura avanzada, ii) blockchain y criptomonedas, iii) contratos inteligentes y dinero programable, iv) cesión de propiedad intelectual y v) Blockchain as a Service (BaaS).



Tabla 13. Descripción de las tendencias para la tecnología blockchain

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Blockchain-Manufactura avanzada	La fabricación avanzada es el proceso de la producción masiva de productos a la carta, utilizando la última tecnología de manera eficiente. Es una técnica más flexible que puede ajustarse específicamente a las necesidades cambiantes de los consumidores, en lugar de producir productos y dejarlos en stock, con la manufactura avanzada se tiene un enfoque diferente, se puede evitar el riesgo de tener por mucho tiempo productos en bodega ⁴¹ . Con la implementación del blockchain en la manufactura se podrá tener evidencia de cómo se produjo cada objeto.	LP	Medio
Blockchain y criptomonedas	La tecnología blockchain facilita la aparición de criptomonedas, ya que, al crear un registro compartido de todas las transacciones y establecer un método descentralizado de validación, facilita el intercambio digital de dinero entre usuarios de manera directa. Una criptomoneda es prácticamente dinero digital, lo que quiere decir que todas las transacciones que se realicen con ella se dan en línea, sin necesidad de ver billetes o monedas en físico. En la actualidad se encuentran disponibles en el mercado diferentes tipos de criptomonedas que, de alguna u otra manera, determinan la calidad de la inversión. Se estima que existen más de 3000 tipos diferentes de criptomonedas ⁴² .	CP	Medio
Contratos inteligentes y dinero programable	En esencia el término contrato inteligente (smart contract) se refiere a cualquier tipo de contrato entre dos o más partes, que es capaz de ejecutarse y hacerse cumplir por sí mismo, de manera autónoma y automática. Además, las partes de un contrato inteligente pueden ser tanto personas como máquinas. Los contratos inteligentes están escritos en código de programación, es decir, son programas informáticos que ejecutan autónoma y automáticamente los términos de un contrato ⁴³ .	MP	Medio

⁴¹ <https://www.prucomercialre.com/que-es-la-manufactura-avanzada/>.

⁴² <https://www.caixabankresearch.com/es/economia-y-mercados/politica-monetaria/blockchain-y-criptomonedas-bienvenidos-al-nuevo-paradigma-0>.

⁴³ DortaMartínez. <https://dortamartinez.com/que-son-los-contratos-inteligentes/>.

Nombre de la tendencia	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Gestión de propiedad intelectual	Esta posibilidad generada en la tecnología de la «cadena de bloques» abre una nueva ventana para la propiedad intelectual e industrial en el registro, gestión, explotación y seguimiento de los derechos de propiedad, pues permite -entre otras acciones- la automatización de derechos de exclusividad y licencias sobre contenidos protegidos por algún recurso legal intelectual ⁴⁴ .	LP	Baja
Blockchain as a Service (BaaS)	BAAS (Blockchain As A Service/Blockchain Como Servicio) es un producto único desde donde los consumidores pueden usar las soluciones basadas en la nube para construir, usar y hospedar sus soluciones, funciones y contratos inteligentes de blockchain. En resumen, estos ofrecen plataformas de blockchain completamente funcionales de acuerdo con tus necesidades ⁴⁵ .	CP	Bajo

Fuente: Entrevistas aplicadas.

Si bien las criptomonedas demostraron su solidez, las empresas actualmente de todo el mundo están ocupadas demostrando que también pueden impulsar la eficiencia y reducir los costos en las operaciones diarias. Como lo son los servicios bancarios y financieros, quienes liderarán el camino gracias a su evidente idoneidad para el registro y la contabilidad, así como la influencia disruptiva de las propias criptomonedas. Más allá de eso, las aplicaciones se verán cada vez más en la atención médica, la fabricación, la distribución y los servicios profesionales.

La confianza en la tecnología también está creciendo, con una encuesta reciente de Gartner que encontró que el 14 % de los proyectos de blockchain empresariales pasaron a la fase de producción en 2020, en comparación con el 5 % en 2019, según Colombia Fintech.

Igualmente, se utiliza blockchain para rastrear vacunas desde el punto de fabricación hasta el paciente. En cada paso del viaje, se puede utilizar para crear un registro permanente y no falsificable de dónde estaba cada lote en un momento dado. Los envíos de vacunas están equipados con sensores internos para garantizar que no superen la temperatura mínima segura. Se agrega automáticamente una entrada permanente y no borrable a la cadena de bloques para garantizar que los medicamentos se puedan eliminar de manera segura de la cadena de suministro.

⁴⁴ https://aldanayabogados.com/blockchain-propiedad-intelectual/#.YNny_bug9PY.

⁴⁵ <https://101blockchains.com/es/blockchain-como-servicio-baas/#:~:text=BAAS%20%28Blockchain%20As%20A%20Service%2FBLOCKCHAIN%20Como%20Servicio%29%20es,sus%20soluciones%2C%20funciones%20y%20contratos%20inteligentes%20de%20blockchain.>

8.8. Robótica

La robótica “es un conjunto de tecnologías para la automatización de procesos de negocio que simula o replica las acciones de un ser humano interactuando con la interfaz gráfica de usuario de un sistema”⁴⁶. Las empresas de las áreas de tecnología del mundo han estado innovando con robots de sólo software, así como, en robots con software y hardware. En el país, algunas empresas del sector servicios han estado automatizando procesos operativos de áreas como facturación, auditoría, pagos, atención al cliente, entre otras, empleando la Automatización Robótica de Procesos, conocida también como RPA, en la que se usa robots de sólo software.

La robótica abarca diversas ingenierías y de las ciencias de la computación que diseña y construye los robots, asimismo, combina diversas disciplinas que van desde la mecánica y la electrónica, a la informática, la inteligencia artificial, la ingeniería del control y la física⁴⁷.

La robótica es un área que ha estado en constante evolución y ha dado lugar a cuatro tipos de robots según su generación. i) Primera generación: son robots básicos destinados a la manipulación. Cuentan con diversos sistemas mecánicos y pueden funcionar por secuencia tanto fija como variable. ii) Segunda generación: son robots que cuentan con un sistema de aprendizaje, no obstante, deben repetir una secuencia de movimientos que haya sido realizada con anterioridad por un trabajador real que indique el proceso y la ejecución de este. iii) Tercera generación: el control del robot está dado por una computadora que es que es la realiza los movimientos y ejecuta las órdenes de la programación. iv) Cuarta generación: en esta categoría están los robots inteligentes que son parecidos a los anteriores, pero al poseer mayor cantidad de sensores, existe una doble dirección de la información, por lo que la computadora recibe información en tiempo real y puede adelantarse a las necesidades⁴⁸.

8.9. Realidad Aumentada

El tamaño del mercado de realidad aumentada (RA) mundial es de 17.67 billones de dólares en 2020, y se espera que se expanda a una tasa de crecimiento compuesto anual del 43.8% entre 2021 y 2028. El alto crecimiento esperado se explica por la expectativa de crecimiento en la demanda por asistencia remota y colaboración de empresas que asisten y optimizan las cadenas productivas. Las empresas han comenzado a usar aplicativos basados en realidad aumentada para seguir, identificar y resolver problemas técnicos, como también para ciertas tareas como ensamblaje, manufacturas o reparación. Por parte de los consumidores finales el incremento de la demanda se explica a partir de aumentos en las preferencias de teléfonos inteligentes, gafas inteligentes y otras alternativas portátiles que permiten experiencias inmersivas mediante la adopción de realidad aumentada móvil.

46 <https://www.pragma.com.co/academia/conceptos/guia-rpa-conoce-la-solucion-robotica-para-automatizar-procesos>.

47 <https://blog.infaimon.com/ingenieria-robotica-usos-aplicaciones/>.

48 <https://blog.infaimon.com/ingenieria-robotica-usos-aplicaciones/>.

Así mismo el sector Salud está adoptando crecientemente tecnologías de realidad aumentada que también generarán crecimientos de su demanda en el futuro. Ejemplos de lo anterior se encuentran, por ejemplo, en el uso de la realidad aumentada para el desarrollo de aplicaciones de simulación quirúrgica. El sector de la realidad aumentada también se ha visto impulsado por el distanciamiento social generado por el COVID-19 ya que se favoreció su implementación en sectores como el mercadeo y la publicidad, donde aplicaciones de realidad aumentada han sido usadas para promocionar lanzamientos virtuales de tiendas y productos o llevar a cabo exhibiciones o exposiciones virtuales.

Así mismo, la coyuntura de crisis sanitaria también abre la oportunidad a futuro y la tendencia sobre los encuentros, reuniones sociales y otros eventos en vivo a los que las personas puedan asistir mediante la aplicación de los desarrollos de RA sin poner en riesgo su salud, pero retomando los entornos altamente concurridos en espacios virtuales virtuales. En agregado, estas tendencias implican una externalidad sobre el manejo de información y datos, la creciente demanda actual y pronosticada para la RA implica la necesidad de rápida implementación de tecnologías 5G y la optimización del almacenamiento de datos, por lo que estos desarrollos también se asocian a las tendencias del futuro próximo propiciadas por la RA.

La arquitectura, construcción y el diseño también son sectores que se espera causen el crecimiento de la demanda por tecnologías de realidad aumentada. Actualmente la RA es usada en los procesos de planeación y modelación, permitiendo un acercamiento más directo y vivido a lo que antes eran planos.

La RA tiene un gran potencial en casi todos los campos, ya que permite un acercamiento realista que puede resultar útil tanto en las cadenas productivas como en cualquier interacción de mercado para un consumidor final. Además de lo anterior, otros sectores como la milicia también han comenzado a invertir en tecnologías de RA para facilitar la tarea de los militares proporcionando información rápida y adecuada y a la vez ayudando a la identificación de amenazas para la reducción de riesgos. Así mismo, el creciente interés en estas tecnologías incrementa sustancialmente el interés en el desarrollo de entretenimiento basado en RA, que va desde las películas hasta los videojuegos.

El mercado más grande actualmente es el de Norte América, especialmente por la alta concentración de empresas tecnológicas que están llevando a cabo desarrollos en RA en Estados Unidos. Esta región representó aproximadamente el 35% de los beneficios del sector en 2020. Por otro lado, la región con la mayor velocidad de crecimiento ha sido Asia, para esta región se espera que la tasa de crecimiento compuesto anual entre 2021 y 2028 supere el 45%. Por su parte, los mercados regionales de África, América Latina y Medio Oriente, aunque actualmente se encuentran rezagados, se espera que experimenten un crecimiento sustancial en sus desarrollos de RA principalmente impulsados por el surgimiento de empresas tipo start-up.

Actualmente el análisis del mercado por tipo de componente arroja que el mercado global está dominado por el Hardware, cuya participación sobre las ganancias estuvo en 2020 por encima del 55%, esto se explica por la prevalencia de la demanda de productos

compatibles o creados para la RA. Aunque se espera que en el periodo de análisis y pronóstico comprendido hasta 2028 se mantenga la prevalencia del Hardware, también se espera que el Software sea el que presente mayores tasas de crecimiento a futuro.

Dentro del mercado de RA se distinguen tres principales tipos en los cuales se presenta la RA. El principal y de mayor participación de mercado son los dispositivos sobre la cabeza, que disponen de información mediante dispositivos como gafas inteligentes o gafas de RA, este segmento del mercado equivale actualmente a algo cercano al 65%. El segundo tipo de RA son los dispositivos que se sostienen con las manos, como los celulares inteligentes. Este segundo segmento es el que se espera que tenga una mayor tasa compuesta de crecimiento anual entre 2021 y 2028. Por último, está la proyección elevada de información, cuyo principal ejemplo es su aplicación en automóviles con la disposición de información sobre placas plásticas translúcidas o el mismo vidrio panorámico del vehículo.

Para el caso de Colombia, el proyecto Ruta N en Medellín, que se ha desarrollado como un importante hub tecnológico regional, ha estudiado el caso del sector RA encontrando que se encuentra en un estado incipiente y sufre aún de ineficiencias de diseño, producción e información. Ruta N define las oportunidades que se tienen dependiendo el plazo del tiempo esperado para su desarrollo de la siguiente forma, para el corto plazo: i) desarrollo de contenido y material publicitario por medio de aplicaciones de realidad aumentada; ii) desarrollo de contenido y material publicitario por medio de aplicaciones de realidad aumentada.

Para el mediano plazo: i) aplicaciones para recorridos virtuales en lugares turísticos y centros de ciencia, tecnología y cultura; ii) aplicaciones de realidad virtual y/o aumentada para la rehabilitación física de pacientes que permita el monitoreo y seguimiento del avance en su recuperación y iii) capacitación en procesos corporativos e industriales para empresas de producción por medio de aplicaciones de realidad virtual.

Finalmente, para el largo plazo se encontró: i) aplicaciones para la asistencia en actividades industriales tales como: diseño, producción, inventario, entre otras y ii) aplicaciones para el tratamiento de fobias y otros trastornos del comportamiento y aplicaciones para el manejo del dolor. Ruta N también define las brechas actuales en la región, resaltando la poca oferta de contenidos virtuales, la falta de habilidades en el mercado laboral para el desarrollo de software de RA y la simulación de escenarios complejos en tercera dimensión, y falta de inversión estatal, entre otras.

8.10. Redes 5G

La Tecnología 5G se refiere a la quinta generación de tecnologías que permiten conectarnos a internet desde dispositivos móviles. Se trata de una evolución que comenzó hace ya varios años con la primera generación, que en su momento solo nos permitía hablar a través de celulares.

Según un estudio hecho por la empresa chilena de recuperación de datos Kepler, señala

que las empresas han aumentado entre un 20% y un 25% su inversión en ciberseguridad. Lo anterior, va vinculado directamente con la demanda de ciertos profesionales, debido a la alta cantidad de datos que generan las organizaciones, quienes construyen sus negocios con datos, pero no necesariamente lo administran, ni cuidan bien. Es por eso por lo que los Chief Data Officer pueden desempeñar un papel valioso para proteger y administrar los datos de una empresa.

8.11. Impresiones 3D

La fabricación aditiva va a sustituir de forma completa a los procesos de fabricación tradicionales. El desarrollo de la impresión 3D va a conllevar que muchas industrias la comiencen a utilizar en sus procesos de fabricación, ya sea para sustituir funcionalidades existentes o para añadir nuevas funcionalidades. Esto va a hacer que muchas industrias realicen cambios en sus modelos de fabricación.

Es probable que el mercado de impresión 3D lleve a cabo un aumento relevante en cuanto a su penetración en el mercado se refiere y que, gracias a colaboraciones de la industria y las nuevas tecnologías, se encuentren nuevas formas de uso.

Por otro lado, las soluciones que la propia fabricación aditiva va presentando, también están creciendo a un alto ritmo. Así los fabricantes presentan constantemente nuevos modelos de máquinas cuya tecnología permite nuevas aplicaciones. Así por ejemplo la IA está permitiendo a impresoras 3D operar por sí mismas y ser más eficientes. Otras como la visión artificial empiezan a utilizarse para corregir errores de impresión 3D en tiempo real.

Es muy destacable el aumento de los materiales compuestos que compiten con el metal. Por ejemplo, la fibra de carbono que ha sido utilizada para varios desarrollos notables. Otro ejemplo, es la impresión 3D que utiliza materiales compuestos de fibra continua, fabrica piezas de una misma resistencia que piezas de metal, pero además consigue que sean más livianas y asequibles. Sin duda este tipo de materiales va a experimentar un enorme crecimiento en los próximos años.

Las empresas, indiferentemente del sector que ocupen, deben estar comprometidas con el medio ambiente y llevar a cabo una serie de acciones para respetar al mismo. La impresión 3D se caracteriza por ser una tecnología comprometida con el medio ambiente.

Los procesos de fabricación aditiva utilizan sólo el material necesario, mientras que la fabricación sustractiva extrae la pieza por corte o deformación de un trozo de material y en ello se produce un deshecho. Los cambios en el diseño de las piezas que la libertad que otorga la fabricación aditiva lo hacen posible, consiguen en muchos casos ahorrar en material de fabricación, lo que corresponde a peso y a su vez a impacto en la huella de carbono de su transporte. El uso de materiales biodegradables que no dañan el medio ambiente está muy extendido y así el PLA, derivado del maíz, es uno de los más utilizados. La posibilidad de fabricar las piezas en el lugar y sitios donde se requieran produce una disminución en la huella de CO2 ya que se ahorra el transporte de la fabricación tradi-

cional, que fabrica en una fábrica central y se envía posteriormente al lugar de consumo.

De acuerdo con las fuentes secundarias y primarias consultadas para la tecnología impresiones 3D se identifica principalmente tres tendencias específicas o tipos de materiales: i) biofabricación; ii) materiales inteligentes y iii) manufactura aditiva. Se prevé que en el mediano y largo plazo las empresas del país empezaran a innovar con la adopción de las nuevas tecnologías que abarca la manufactura aditiva y la biofabricación, así como el uso de materiales inteligentes.

Tabla 14. Descripción de las tendencias para la tecnología impresiones 3D

Nombre de la tendencia o material	Descripción	Horizonte de tiempo	Impacto ocupacional
Biofabricación	“La biofabricación es un nuevo tipo de producción que utiliza sistemas biológicos para construir biomateriales comercialmente relevantes para agregar a la medicina, aplicaciones industriales y la industria de alimentos y bebidas. Los productos biofabricados se encuentran en fuentes naturales como cultivos de microbios, sangre o células vegetales y animales que se han cultivado artificialmente en equipos especializados. Las células utilizadas en la producción pueden haber ocurrido de forma natural o mediante técnicas avanzadas de ingeniería genética” ⁴⁹ .	MP	Medio-Alto
Materiales inteligentes	Son materiales que tienen la capacidad de reaccionar ante distintos estímulos externos. Y esto puede significar ligeras mejoras bajo ciertos contextos y grandes transformaciones bajo otros ⁵⁰ .	LP	Alto
Manufactura Aditiva	“La Manufactura Aditiva es un término que describe a todas aquellas tecnologías utilizadas para materializar objetos tridimensionales a partir de modelos creados en software CAD (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora). Los materiales más utilizados en la actualidad para MA son: plástico, metal o cerámica, aunque algunos entusiastas pronostican que en el futuro la MA tendrá aplicaciones médicas como la impresión 3D de tejido humano, implantes médicos e incluso piezas dentales lo cual sería una revolución y un gran avance en la medicina” ⁵¹ .	MP	Medio

Fuente: Entrevistas aplicadas.

49 Tomado: <https://salaguamotors.com/top-10/que-es-la-biofabricacion-y-como-cambiara-el-mundo/>.

50 <https://futuroelectrico.com/materiales-inteligentes/>.

51 <https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-es-la-manufactura-aditiva>.

8.12. Análisis de competencias para los cargos altamente demandados en el mercado laboral

La industria 4.0 demanda más competencias y habilidades de los trabajadores, como conocimientos de las TIC, competencias interdisciplinarias y competencias sociales como la disponibilidad al cambio, tolerancia al fracaso, voluntad de aprender de los errores, creatividad, entre otros. Los cargos con mayor demanda por las empresas son los relacionados con la tecnología, para las empresas es prioridad adoptar nuevas tecnologías para mejorar la productividad y la competitividad. Tecnologías como la IA, ciencia de datos, computación en la nube, entre otras, son las que más están provocando cambios en los descriptores de los cargos y generando la necesidad de creación de nuevos roles en las compañías. A continuación, se enuncia los cargos emergentes identificados en un estudio realizado por LinkedIn:

- **Especialista en Inteligencia Artificial:** este es el cargo que presenta el mayor crecimiento en los últimos 4 años, con un 74% anual. Para ocupar este cargo los empresarios exigen que las personas tengan conocimientos especializados en aprendizaje automático, aprendizaje profundo, TensorFlow, Python y procesamiento de lenguaje natural.
- **Ingeniero en robótica:** Presenta un crecimiento en los últimos 4 años del 40%. El sector productivo demanda un ingeniero con conocimientos en automatización en robótica de procesos, UiPath, Blue Prism y Automation Anywhere.
- **Científico de datos:** La ciencia de datos es otro campo que ha encabezado la lista de trabajos emergentes durante tres años consecutivos, registra un crecimiento de 37%. Los conocimientos requeridos en estos profesionales son aprendizaje automático, ciencia de datos, Python, R, Apache Spark.
- **Full Stack Engineer:** Si bien no es un cargo nuevo, la necesidad de las empresas de implementar las nuevas tecnologías ha generado que desde 2015 el crecimiento de la contratación para esta profesión sea del 35%. Los conocimientos requeridos para el cargo son el manejo de los lenguajes React.js, Node.js, JavaScript, AngularJS, CSS.
- **Site Reliability Engineer:** Son las personas encargadas de garantizar que los procesos de desarrollo y operativos funcionen sin problemas, la demanda de este trabajo probablemente seguirá aumentando mientras se mantenga el uso de la tecnología. Para este cargo se requiere conocimientos en Amazon Web Services, Ansible, Kubernetes, Docker Products, Terraform.
- **Customer Success Specialist:** En Colombia los empresarios también lo identifican como diseñador de experiencia de usuario. Estos profesionales deben tener tanto habilidades blandas y duras, ya que son responsable tanto de la comprensión de la tecnología como de la gestión con el cliente. Algunos de conocimientos requeridos para las personas a ocupar este cargo son SaaS, Salesforce, CRM, gestión de cuentas y retención de clientes.

- **Representante de desarrollo de ventas:** No es un cargo nuevo, no obstante, ha estado en auge por el crecimiento de los servicios de tecnológicos. Para el cargo es necesario que los aspirantes tengan conocimiento en Salesforce, SaaS, lead generation y ventas.
- **Ingeniero de datos:** La tasa de crecimiento de la contratación de los profesionales en este trabajo emergente han aumentado en casi un 35% desde 2015. Una de las principales habilidades demandada para este cargo son el manejo de los servicios web, competencia que no era demandada en el año 2015. Igualmente, las empresas requieren que estos profesionales tengan conocimientos en Apache Spark, Hadoop, Python, Extract/Transform/Load (ETL), Amazon Web Services.
- **Especialista en ciberseguridad:** La ciberseguridad es una de las necesidades más importantes para todas las empresas, se prevé que el crecimiento e importancia de este cargo continúe, en el año 2019 la demanda de este cargo presento crecimiento superior al 50%. Los conocimientos y habilidades requeridas para el cargo son ciberseguridad, seguridad de la información, seguridad de la red y evaluación de vulnerabilidades⁵².
- **Back End Developer:** Generalmente los aspirantes al cargo deben ser ingenieros, se prevé que a medida que las empresas fortalecen sus áreas de tecnologías, este es un cargo que continuara presentando una alta demanda. Las habilidades requeridas para el cargo son: manejo de Node.js, JavaScript, Amazon Web Services, Git, MongoDB.
- **Ingeniero en la nube:** Con la pandemia y la necesidad de trabajar desde casa, la computación en la nube se ha convertido en una condición indispensable, siendo esta una de las razones por las que la demanda de especialistas en computación en la nube ha crecido dramáticamente durante el último año. A menudo, en este rol se incluye otros títulos, como desarrolladores en la nube, arquitectos, etc. No obstante, la responsabilidad principal sigue siendo la misma. Estos especialistas son responsables de planificar, supervisar y administrar los sistemas en la nube dentro de sus organizaciones⁵³. Las habilidades requeridas para el cargo son manejo en Amazon Web Services, Cloud Computing, Docker Products, Ansible, Jenkins⁵⁴.
- **Desarrollador JavaScript:** Es uno de los roles más demandados en el país, al igual que las habilidades asociado con él, JavaScript se encuentra entre las cinco principales habilidades en demanda en cuanto a software industrial. Las habilidades requeridas son manejo en React.js, Node.js, AngularJS, JavaScript, Cascading Style Sheets (CSS).
- **Product Owner:** Son los responsables del éxito de un producto en el mercado, puede utilizar diferentes estrategias, como estudios de mercados, análisis de clientes, gestión de relaciones, entre otras. Las principales competencias demandas para el cargo son metodologías ágiles, Scrum, gestión de productos, desarrollo de Software, JIRA, entre otras.

52 LinkedIn. 2020 Emerging Jobs Report. 2020. Tomado: https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_U.S._FINAL.pdf.

53 Tomado de: <https://wire19.com/emerging-jobs-tech-student-should-try/>.

54 LinkedIn. 2020 Emerging Jobs Report. 2020. Tomado: https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_U.S._FINAL.pdf.

Además de los anteriores cargos emergentes identificados por linkedin, a continuación, se relaciona otros cargos que demanda las empresas de tecnologías.

- **Desarrollador de realidad virtual:** Se espera que la realidad virtual siga ganando mercado en el panorama empresarial, la industria de los videojuegos ha estado ganando participación dentro de la industria del entretenimiento, para lo que se va a necesitar desarrolladores en realidad virtual.
- **Ingeniero de aprendizaje automático:** Junto con la IA, el aprendizaje automático son las tecnologías del futuro. Por lo tanto, la demanda de ingenieros de aprendizaje automático también es alta. La tarea principal de los especialistas en este rol es utilizar big data para construir algoritmos complejos que permitan programar una máquina para realizar tareas similares a las de un humano. El concepto central detrás de esto es permitir que la máquina mejore y aprenda por sí misma, sin interferencia humana.

9. Análisis de resultados de las entrevistas aplicadas

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en las entrevistas semi-estructuradas aplicadas a los empresarios, academias e instituciones educativas más representativas de las tecnologías priorizadas en el presente análisis. En las entrevistas semi-estructuradas se indagó por los cargos que se podrán ver afectados por la implementación de las tecnologías, cuando se habla de cargos afectados, se hace referencia a aquellos que se demandan, se transforman, cargos que desaparecerán y cargos nuevos. Un cargo en transformación es aquel que como consecuencia de la implementación de las tendencias cambian las funciones, conocimientos y habilidades requeridas para desempeñar dicho puesto de trabajo.

A continuación, se presenta un análisis por cargo, identificando aquellos que se demandan, los cargos nuevos y los que podrán desaparecer o perder relevancia en el mercado de trabajo, señalando además las tendencias que impactarán a cada uno de los cargos, y las actividades y conocimientos cuya demanda se incrementará en el futuro para el subsector.

9.1. Análisis de cargos demandados por las empresas, principales necesidades y falencias en capital humano de las principales tecnologías de la industria 4.0 en Colombia

De acuerdo con las entrevistas realizadas a las diferentes empresas que ofrecen servicios tecnológicos, se presentan los resultados en cuanto a necesidades de recurso humano en lo referente a cargos requeridos y competencias asociadas a dichos cargos (funciones, conocimientos, habilidades, actitudes y nivel educativo). Asimismo, se hace un análisis de las competencias demandadas a raíz de las tecnologías 4RI, principales necesidades y falencias en capital humano.

Computación en la nube

La computación en la nube o cloud computing es una tecnología que permite acceder remotamente, desde cualquier lugar del mundo y en cualquier momento, a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos a través de Internet, sin la necesidad de conectarse a un ordenador personal o servidor local. Es una tecnología en expansión, aspecto que ha provocado el aumento de la demanda por capital humano bilingüe y con competencias especializadas en desarrollo e implementación de productos y servicios tecnológicos, situación que ha dejado en evidencia que en América Latina existe un déficit de capital humano en tecnologías como Big Data y en ciberseguridad. La computación en la nube ha permitido que las empresas ya no tengan que invertir en infraestructuras costosas como servidores, no obstante, con la migración de las empresas a servicios en la nube, la información y procesos de estas han quedado expuestos a ataques informáticos, situación que ha generado una necesidad cada vez más creciente por personal especializado en áreas como la ciberseguridad.

Las empresas entrevistadas coinciden en identificar como una de las principales limitantes para el crecimiento la falta de oferta de capital humano altamente preparado para los cargos requeridos en las diferentes compañías. Generalmente los perfiles más demandados deben tener un alto nivel de inglés (C1), este requisito se ha convertido en una necesidad indispensable para contratar a las personas, a tal nivel, que algunas empresas se han limitado a concentrarse a exigir únicamente este requisito y asumir los costos de capacitación del personal en los temas técnicos y tecnológicos relacionados con las funciones establecidas para dichos cargos.

A raíz de la falta de capital humano preparado, algunas de las empresas han tomado diferentes medidas de choque, las empresas más grandes y con necesidades altamente especializadas han estado recurriendo a contratar personal fuera del país, igualmente, han optado por contratar personas jóvenes con algún tipo de bases técnicas y bilingües, a los cuales las compañías los capacita de acuerdo con las necesidades y les permiten hacer carrera dentro de las mismas. Por su parte, las empresas medianas han optado por no exigir perfiles con títulos de formación superior, han preferido exigir sólo las competencias, haciendo que sea cada vez más común la demanda de personal empírico, en el cual se valora los conocimientos y destrezas, y no los títulos.

Cargos demandados

A continuación, se nombran los cargos identificados por las empresas que implementan desarrollos con la tecnología computación en la nube, para esta tecnología se identificó los siguientes cargos, los nombres corresponden a los dados por las empresas: i) Desarrollador de software; ii) Devops; iii) QA Engineers; iv) Ingeniero de datos (Data Engineer); v) Desarrollador de bases de datos; vi) Analista datos; vi) Arquitecto de nube; vii) Arquitecto de soluciones; viii) Administrador de almacenamiento en network; ix) Administrador de redes; x) Ingeniero de datos multi cloud; xi) Desarrollador full stack; xii) Full stack Developer; xiii) Desarrollador front; xiv) Senior Developer; xv) Ingeniero de pruebas; xvi) Automatizador de pruebas de calidad (Quality Test Automation); xvii) Desarrollador Back;

xviii) Desarrollador móvil; xix) Product owner; xx) Ingeniero de implementación; xxi) Ingeniero de networking; xxii) Ingeniero de soporte; xxiii) Desarrollador de integración SOA; xxiv) Ingeniero de automatización de aseguramiento de la calidad y xxv) Automatizador.

- **Desarrollador de software:** algunas de las tareas establecidas para los desarrolladores de software son: crear y desarrollar nuevos programas o sistemas; investigar las necesidades de los usuarios; diseñar y elaborar nuevos programas; probar los nuevos programas; evaluar sistemas nuevos y existentes; diseñar planes de prueba para los programas nuevos desarrollados; realizar pruebas para la medición de calidad en los sistemas desarrollados; detectar errores en los programas; corregir los errores presentes en los programas; mejorar programas existentes; analizar los requerimientos y sugerencias de los usuarios; realizar el mantenimiento correspondiente en los sistemas existentes, realizar el monitoreo y corrección de los defectos detectados, así como elaborar el código en lenguajes especializados (HTML, PHP, XML); ejecutar el código para medir su eficiencia; crear soluciones para fallas existentes e implementar las soluciones. Las personas deben tener conocimientos en proveedores de la nube, cloud computing (AWS, Azure, DevOps, Google Cloud), en automatización de procesos, en Java, .net, Xamarin, React, JavaScript, PHP, en SQL Server, Oracle JQuery y en Python. Igualmente, manejo avanzado en inglés, con competencias en resolución de problemas, lenguajes de programación, programación en la nube, análisis lógico y autonomía. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológica.
- **Devops:** Las tareas establecidas para el cargo Devops son: asegurar la integración y despliegue continuo de las aplicaciones; asignar y comunicar las tareas a realizar; diseñar y ordenar protocolos de pruebas; hacer monitorización y recolección de métricas de infraestructuras y aplicaciones; realizar análisis de resultados obtenidos en cada fase de desarrollo; reducir tasa de errores y tiempo de recuperación en caso de haber errores y reducir tiempo de entregas. Asimismo, debe tener conocimientos en proveedores de la nube (IBM, Microsoft, Amazon, SAP); en herramientas Terraform, Ansible; dominio de metodologías ágiles; en infraestructura (SO Linux/Unix); en Cloud computing (AWS, Azure DevOps, Google Cloud); programación en lenguajes programación SQL, Java script, Python, HTML, Java Spring; docker y kubernetes. Igualmente, manejo avanzado del idioma inglés, con competencias transversales en trabajo en equipo, resolución de problemas y comunicación. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.
- **QA Engineers: el ingeniero QA deberá crear planes de pruebas y testing;** probar programas de automatización; simular el rendimiento de los productos y evaluar resultados; mejorar estrategias de pruebas; identificar los problemas de los productos mediante el uso de sistemas de seguimiento de errores; crear bases de datos de defectos de productos conocidos y analizar estos problemas; revisar las especificaciones del producto para predecir futuros errores; hacer asesoramiento sobre el diseño de productos para reducir los posibles problemas; mejorar las estrategias de pruebas y asegurar que el software está listo para el público objetivo. Igualmente, deberá tener conocimientos en proveedores de la nube (IBM, Microsoft, Amazon, SAP); en plataformas de datos; en tecnologías de integración SOAP (Simple Object Access Protocol); en HTTP,

JSON; en integración de aplicaciones mediante servicios TCP. Asimismo, deberá tener un buen manejo del inglés, tener competencias transversales en resolución de problemas, análisis lógico y autonomía. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.

- **Ingeniero de datos (Data Engineer):** el ingeniero de datos deberá estar en la capacidad de construir pipelines de datos para adquirir información de diversas fuentes; diseñar, desarrollar y supervisar el procesamiento de los datos en proyectos de big data; estructurar y consolidar datos para usarlos en aplicaciones analíticas; programar en lenguajes de como SQL, Java, Java Script, Python, HTML; implementar modelos en aprendizaje automáticos; almacenar, ordenar y extraer conclusiones de manera eficaz a través de los datos. Las personas para ocupar este cargo deberán tener conocimientos en temas de plataformas de datos; en pipelines de datos; en Big Data; en Power BI; en modelos predictivos y en Machine Learning. Asimismo, deberán tener buen manejo del inglés, competencias transversales en resolución de problemas, análisis lógico y autonomía. El nivel educativo requerido por el sector productivo es pregrado universitario y tecnológico.
- **Desarrollador de bases de datos:** los desarrolladores de bases de datos deberán hacer pruebas, revisiones y entregar códigos de alta calidad; hacer la implementación garantizando estándares uniformes de calidad de código en el proyecto; realizar pruebas de escalabilidad y rendimiento para evitar el riesgo de reducciones de velocidad. Las personas para ocupar el presente cargo deberán tener conocimientos en proveedores de la nube (IBM, Microsoft, Amazon, SAP); Cloud computing (AWS, Azure DevOps, Google Cloud); en cómo funcionan las bases de datos en la nube; en Java; en .net o Python. Igualmente, deberán tener buen dominio del idioma inglés, competencias transversales en resolución de problemas, análisis lógico, trabajo en equipo y autonomía. El nivel educativo establecido es Pregrado Universitario y tecnológico.
- **Analista datos:** un analista de datos deberá estar en capacidad de hacer identificación de datos en repositorios bases o redes sociales; establecer directrices en el comportamiento de los clientes; realizar extracción, procesamiento y agrupación de la información. Asimismo, deberá tener conocimiento en manejo Excel avanzado, en SQL Server, en visualización de datos, en SAS, Power Bi y en Marches learning. Igualmente, deberán tener buen dominio del idioma inglés, competencias transversales en comunicación, trabajo en equipo, creatividad y en análisis. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.
- **Arquitecto de nube:** las tareas establecidas para el arquitecto de nube son: diseñar y planificar arquitecturas; realizar diseños para la seguridad y cumplimiento de normas; analizar y optimizar procesos técnicos; garantizar la confiabilidad de las operaciones; programar en lenguajes de programación como SQL, Java script, python, html; diseñar sistemas y hacer procesamiento de datos. Asimismo, las personas deberán tener conocimientos en lenguajes de programación como SQL, Java script, Python, HTML, así como, manejo de redes, bases de datos, en seguridad TI, AWS, AZURE, IBM Cloud y GCP. Algunas de las destrezas demandas para este cargo son en diseño y planificación

de arquitecturas, en seguridad, cumplimiento de normas y procesamiento de datos. El nivel educativo solicitado es pregrado universitario.

- **Arquitecto de soluciones:** será el responsable de definir, lograr y mantener una estrategia tecnológica en cuanto a la plataforma de ejecución y los aspectos asociados, definir la arquitectura 360 sobre la que se ejecutan todos los desarrollos ágiles. Con conocimientos en Red Hat OpenShift 3.11 y otras herramientas de contenedor en entornos de producción (Kubernetes / Dockers); en herramientas CI / CD (Cloudbees-Core / Jenkins) y en definición de pipelines; en repositorios / productos middleware: Nexus, Github, ServiceNow, Jira, Jaeger, 3Scale, JBoss / Fuse, AMQ, Redis, Datagrid, Istio, Camunda; en el modelo de trabajo de la SER y en la definición de arquetipos (Java, Netcore, NodeJS). Asimismo, deberá tener destrezas y competencias transversales en liderazgo, comunicación, pensamiento sistémico, flexibilidad, actitud positiva y en responsabilidad. El nivel educativo requerido es pregrado universitario.
- **Administrador de almacenamiento en network:** algunas de las funciones establecidas para este cargo son: agregar servidores remotos a un bloque de servidores; crear o editar un grupo de servidores (para una ubicación geográfica o un propósito específicos); instalar o desinstalar roles, servicios de rol, modificar servidores locales o remotos; obtener el estado de sus servidores y funciones remotas; determinar el estado del servidor; identificar eventos críticos, analizar y solucionar problemas o errores de configuración. El nivel educativo para este cargo es pregrado universitario.
- **Administrador de redes:** el administrador de redes deberá proporcionar servicios de soporte a los compañeros; administrar las cuentas de los usuarios; asegurar el buen funcionamiento del hardware y software de la empresa; configurar y administrar los programas instalados; solucionar los problemas que surjan en el manejo de los equipos y programas instalados. El nivel educativo requerido es pregrado universitario.
- **Ingeniero de datos multi cloud:** el ingeniero de datos multi cloud es un profesional que deberá estar en la capacidad de programar en lenguajes como SQL, Java Script, Python, HTML; en diseñar y planificar arquitecturas; realizar diseños para la seguridad y cumplimiento de normas; en analizar y optimizar procesos técnicos y en garantizar la confiabilidad de las operaciones.
- **Desarrollador full stack:** los desarrolladores full stack deberán tener conocimientos en Full Stack Java/Angular, BakEnd, FrontEnd, integración, en BD, en cloud, en Devops, en pruebas unitarias, banca funcional, mercados de capitales, así como, tener buen dominio del idioma inglés. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológica.
- **Full stack Developer:** el full-stack developer tendrá que estar en la capacidad de acompañar los proyectos desde su concepción hasta el producto final, desarrollando arquitectura front y back end; desarrollar y diseñar arquitectura web, asegurando la capacidad de respuesta del software y trabajando en conjunto con diseñadores para la implementación de las características web requeridas; en alcanzar las metas de de-

sarrollo en los tiempos establecidos y dentro del presupuesto. Deberá tener amplios conocimientos en programación Java Back-end; Angular Front-end, con dominio y conocimientos generales en manejo de tecnologías Primefaces, Angular, SpringBoot, Bootstrap y en metodologías ágiles Scrum. Igualmente, las personas deberán tener amplio dominio del idioma inglés, nivel C1, así como, competencias transversales en resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación asertiva y trabajo en cédulas. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.

- **Desarrollador front:** el desarrollador front deberá tener conocimientos en frameworks; en servicios SOAP y REST, cloud; en conceptos básicos BD; en Devops y en pruebas unitarias. Las destrezas y competencias transversales requeridas para este cargo son: lógica de programación; en programación JavaScript, Html, CSS, trabajo en equipo, trabajo en cédulas y en comunicación asertiva. El nivel educativo requerido es pregrado universitario con alto nivel de inglés, C1.
- **Senior Developer:** algunos de los conocimientos que deben tener las personas para el cargo senior developer son los relacionados con paquetes como Java, JEE, Spring Boot, Spring Angular, pruebas unitarias en Back y Front, cloud servicios (AWS), Microservicios, API Restfull, Soap, HTML, Javascript, Solid, CSS, manejo de bases de datos en SQL y Mongo DB. El nivel educativo requerido es pregrado universitario con alto dominio del idioma inglés, C1.
- **Ingeniero de pruebas:** las tareas establecidas para este cargo son las relacionadas con encontrar potencial de automatización en procesos de software / hardware; hacer proyecciones e implementación de medidas de instrumentación, sensores y algoritmos; hacer modelización, simulación y control de los procesos de producción; probar bases de datos, sistemas, redes y hardware; hacer el desarrollo de proyectos de automatización con la consola de automatización e interfaz PLC (OMRON y SIEMENS). Igualmente, deben tener conocimientos en pruebas funcionales; en desarrollo (SDET) (lenguaje P+, Lenguaje consulta BD); en automatización; en pruebas técnicas (seguridad y performance); en pruebas a microservicios; en AWS (Testers); en Azure devops; en Jira y en Confluence. El nivel educativo requerido es pregrado universitario con alto dominio del idioma inglés, C1.
- **Automatizador de pruebas de calidad (Quality Test Automation):** algunas de las tareas establecidas para este cargo son; diseñar y desarrollar scripts de automatización de pruebas; utilizar las directrices de automatización de pruebas y participar en actividades de planificación; resolver problemas de investigación en software a través de pruebas y colaborar con analistas de control de calidad y desarrolladores de software. Para desempeñarse en este cargo las personas deberán tener conocimientos en herramientas de automatización de pruebas como Selenium WebDriver, Appium, Katalon, Cypress y TestCafe; en herramientas de gestión de pruebas; en el uso de proveedores de dispositivos/navegadores en la nube y en el uso de sistemas de control de versiones. Las destrezas y competencias transversales requeridas son resolución de problemas, habilidades sólidas en codificación y programación orientada al objeto; habilidades en automatización de API; en comunicación asertiva y pensamiento estratégico. El

nivel educativo requerido es pregrado universitario con nivel de inglés C1.

- **Desarrollador Back:** el desarrollador back deberá tener amplios conocimientos en lenguajes Back, servicios SOAP, Cloud y REST; en BD/procesamientos almacenados y pruebas unitarias. Igualmente, deberá tener destrezas y competencias transversales en lógica de programación, en mercados de capitales, trabajo en equipo, comunicación asertiva y trabajo en cédulas. El nivel educativo requerido es pregrado universitario con amplio dominio del idioma inglés, C1.
- **Desarrollador móvil:** para este cargo se requiere conocimientos en angular, Typescript, frameworks IONIC, servicios REST y cloud, en conceptos básicos BD, en Devops y en pruebas unitarias. Asimismo, se demanda destrezas y competencias transversales en trabajo en cédulas, en lógica de programación, en comunicación asertiva, trabajo en equipo, en lenguajes de programación como Java Script, HTML y CSS. El nivel educativo requerido para el desarrollador móvil es pregrado universitario, con un alto nivel de inglés, C1.
- **Product owner:** las funciones establecidas para el presente cargo son: determinar los requisitos generales y actividades iniciales del proyecto; representar a los usuarios del producto; buscar y asegurar los recursos financieros que requiere el proyecto para iniciarse y desarrollarse; analizar la viabilidad del emprendimiento; garantizar que el producto se entregue; desarrollar y establecer los criterios para aceptar las historias de los usuarios y aprobar o negar los productos entregables. Los conocimientos para este cargo son en gestión de proyectos y metodologías ágiles. Las destrezas y competencias transversales solicitadas para este cargo son liderazgo, lógica matemática, comunicación, análisis, compromiso, visión del escenario macro y proactividad. El nivel educativo que exigen las empresas es pregrado universitario con alto nivel de inglés.
- **Ingeniero de implementación:** los ingenieros de implementación deberán principalmente resolver problemas y dar soporte técnico para la resolución de problemas de los clientes. Los conocimientos requeridos son en manejo de datos y SQL, en Linux, Windows 2000/3, XML, Java, JSP, HTML, PERL, Oracle, SQL Server y DB2. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.
- **Ingeniero de networking:** las principales funciones establecidas para el presente cargo son mantener las redes de computadoras funcionando de manera eficiente para su organización; resolver problemas y dar soporte técnico para la resolución de problemas de los clientes. Los conocimientos requeridos son en redes de voz y datos; con capacidad de diseño, implementación o gestión de proyectos; en sistemas operativos Microsoft, Networking, SQL, seguridad y tecnología VoIP; en telefonía con la mayoría de los proveedores comunes de PBX, Switches y ACD - Avaya, Nortel, Aspect, Siemens y Cisco - ventaja. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico, con amplios conocimientos en inglés, nivel B2.
- **Ingeniero de soporte:** será el responsable de asesorar a los clientes que se enfrenten con un problema técnico, dar instrucciones o ayuda directa para resolver la problemá-

tica. Deberá tener conocimientos en VOIP Telephony, Networking, SQL/ Databases, Servers Linux and Windows, NICE Solutions, en Microinformática (pc, impresoras, validadores, biometría, tablas y otros), con capacidad para reparar y cambiar partes de equipos o de herramientas tecnológicas. Igualmente, deberá tener destrezas y competencias transversales en resolución de problemas, trabajo en equipo, responsabilidad, persuasión, flexibilidad, con actitud positiva. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico.

- **Desarrollador de integración SOA:** algunas de las funciones establecidas para este cargo son: diseñar y desarrollar componentes de software de alto rendimiento, utilizando herramientas de monitoreo y perfilamiento de software, promoviendo y llevando a cabo la reconstrucción de componentes a la medida; realizar las mentorías respecto a mejores prácticas y reuso de componentes tecnológicos. El desarrollador de integración SOA deberá tener conocimientos en lenguajes de integración, servicios SOAP y REST, en BD/PLSQL, en fundamentos de microservicios, Devops básico, banca funcional y en mercados de capitales. Deberá tener destrezas y competencias transversales en comunicación asertiva, trabajo en equipo, resolución de problemas, trabajo en cédulas, cultura y fundamentos de agilidad. El nivel educativo requerido es pregrado universitario con alto nivel de inglés, B1.
- **Ingeniero de automatización de aseguramiento de la calidad:** será el encargo de automatizar pruebas usando herramientas Selenium, cucumber, patrón Screenplay, POM y Gherkin. Se le requerirá tener conocimiento en lenguaje de programación como Java y manejo de bases de datos SQL. El nivel educativo requerido es pregrado universitario o tecnológico con un alto nivel de inglés.
- **Automatizador:** el automatizador deberá tener conocimientos en pruebas básicas funcionales, desarrollo (lógica de programación), fundamentos en automatización, desarrollo de lenguajes (Java, SQL), en herramientas de gestión como Azure devops, Jira, QC y ALM. También deberá tener destrezas y competencias transversales en comunicación asertiva y en agilidad. El nivel educativo requerido por el sector productivo es profesional universitario con alto nivel de inglés, B1.



Cargos que aumentarán su demanda

Los profesionales en arquitecturas para soluciones y microservicios tienen una alta demanda. Los cargos que seguirán aumentando su demanda por la implementación de la tecnología computación en la nube son: Desarrolladores de software, Devops, Ingeniero de datos, QA Engineers, Analista de datos, Automatizador de pruebas de calidad (Quality Test Automation), Desarrolladores web Full Stack, Ingeniero de datos multi cloud, ingeniero de implementación, Ingenieros de networking, Full stack Developer, Desarrollador front, Senior Developer, Desarrollador Back; Desarrollador móvil y el Product owner. Actualmente se ha identificado una alta demanda tanto a nivel nacional como internacional por estos cargos, aspecto que hace difícil conseguir personas que cumplan con los requisitos para ocuparlos. Las tecnologías o aplicaciones altamente demandadas son: desarrollo PL/SQL, Java, computación en la nube (se demanda profesionales que manejen diferentes tecnologías en la nube, profesionales multi-nube).

Cargos o competencias que perderán relevancia

Tomando como referencia las entrevistas aplicadas a compañías del área de servicios tecnológicos, los cargos que se prevé van a perder demanda por la implementación de la computación en la nube son los relacionados con el manejo de tecnologías que funcionan a partir de infraestructuras, como los servidores. Algunos de los cargos mencionados son: Administrador de sistemas, Administrador de servidores, Administrador de bases de datos, Analista de aseguramiento de calidad, Técnico de infraestructura y Técnico de soporte. En cuanto a competencias, las que perderán relevancia son las relacionadas con las siguientes tecnologías: AS400-AISIRES, tecnologías que por estar en servidores pierden vigencia, actualmente todo está migrando a la nube; igualmente las pruebas unitarias o manuales están perdiendo vigencia, ahora se demanda profesionales con conocimientos en automatización.

Falencias identificadas en los cargos demandados

De manera general hay una brecha en la ciencia de la computación, a los egresados les hace falta capacidad de generación de propuestas nuevas, en innovación, en creación de negocios y emprendimientos nuevos. Igualmente, es necesario trabajar temas básicos, como las bases en temas de programación, comprensión del negocio, bases de datos, uso de información para mejorar la competitividad de las compañías, en Customer Relationship Management CRM (Gestión de las relaciones con los clientes), en el mercado, entre otros. Asimismo, se debería hacer mayores esfuerzos en fortalecer los conceptos fundamentales, las bases técnicas, por ejemplo, en fundamentos de programación, manejo de inglés, para los cuales se podrían trabajar desde el bachiller, promover apuestas a nivel nacional para bachilleres y profesiones bilingües.

Se ha identificado que algunas universidades no ofrecen clases en manejo de lenguajes de programación como HTML y Python, en proveedores en la nube, en programación software, en Machine Learning, en automatización. Igualmente, se ha identificado que hace falta desarrolladores con un perfil integral que hagan desarrollo y que manejen los

temas de automatización, generalmente, las personas que tienen conocimientos en un tema no lo tienen en el otro.

De otro lado, los perfiles de los egresados de las facultades de ingenierías tienden a ser académicos, carecen de competencias transversales, las cuáles se han hecho cada vez más necesarias en los perfiles demandados por las empresas de servicios tecnológicos, los empresarios resaltan que actualmente los ingenieros tienen que estar en permanente contacto con los clientes y con los compañeros de trabajo para diseñar e implementar los proyectos. Las competencias transversales en cuales se ha identificado falencias son: trabajo en equipo, comunicación asertiva, trabajo en cédula, atención al cliente, capacidad de documentación de procesos, análisis, creatividad, proactividad, adaptabilidad al cambio, persuasión e innovación.

9.1.2. Inteligencia Artificial

En Colombia, el sector de IA es incipiente. El gobierno nacional ha manifestado su interés en el desarrollo nacional de IA con el diseño de la política de IA presentada en el Conpes 3975 de 2019, que establece la necesidad de instituciones que lideran el desarrollo y la necesidad de establecer un Consejo Internacional de IA para gestar el modelo de gobernanza en el país. Debido a que el país se encuentra en una etapa temprana de desarrollo, por el momento, más que nada se cuenta con recomendaciones de cómo dar un desarrollo correcto e impulso al sector de IA para así poder aprovechar todas las ventajas que este implica.

Entre las recomendaciones que se han dado para el país, el Consejo Internacional de Inteligencia Artificial para Colombia (2021) resalta los siguientes puntos: i) apoyar la inversión en IA, pues creen que esta tecnología puede crear un incremento del 10% del PIB para el 2030; ii) invertir en habilidades y educación con respecto a la IA; iii) crear mejores regulaciones con respecto a la IA que permitan que todos los miembros de la sociedad puedan confiar en la ciencia y en las tecnologías, al igual que en la gobernanza y las regulaciones que las fomentan; iv) liderar el desarrollo de estándares para establecer la gobernanza de datos del futuro; v) generar confianza en la toma de decisiones sobre AI mediante mecanismos de participación públicos.

Cargos demandados

A continuación, se nombran los cargos identificados por las empresas que implementan desarrollos con la tecnología Inteligencia Artificial (IA), para esta tecnología se identificó los siguientes cargos, los nombres corresponden a los dados por las empresas: i) Fullstack Developer; ii) Devops; iii) ML engineer (Professional Machine Learning Engineer); iv) Tech Project Manager (director de proyectos); v) Full Stack Engineer; vi) Senior Product Manager (gerente de producto senior); vii) Arquitecto de software; viii) Programador de software; ix) Ingeniero de datos; x) Científicos de datos; xi) Analista de datos y xii) Desarrollador junior.

- **Fullstack Developer:** Las tareas establecidas para el cargo fullstack developer son:

acompañar los proyectos desde su concepción hasta el producto final, desarrollando arquitectura front y back end; desarrollar y diseñar arquitectura web, asegurando la capacidad de respuesta del software y trabajar en conjunto con diseñadores para la implementación de características web requeridas; trabajar tanto en la parte frontal (Front-end) como en la parte trasera (BackEnd) de la plataforma; hacer desarrollo y/o producto (servicio) a la medida; crear soluciones que generen valor a los clientes, considerando sus requerimientos (recursos, tiempo y necesidades); garantizar la optimización y mejoramiento constante de servidores, bases de datos y aplicaciones. Para ocupar el cargo Fullstack Developer las personas deberán tener conocimientos en Scripting y programación en Python (Django); front-end (React); bases de datos SQL y NoSQL; pruebas unitarias; conocimiento en integración de APIs; despliegue en ambiente de producción de aplicaciones web; manejo de Git; celery; conocimientos básicos de metodologías ágiles y confluence (Jira). Igualmente, deberán tener habilidades y competencias transversales en capacidad para planificar, organizar y priorizar; capacidad de abstracción lógica; orientación al resultado; autonomía y proactividad; habilidad de análisis e integración y trabajo en equipo. El nivel educativo puede ser técnico o profesional en Ingeniería de sistemas, ingeniería de software, ingeniería electrónica, o afines, con experiencia mayor a 2 años en desarrollo front y back end. Tener nivel de inglés C1.

- **Devops:** las funciones asignadas al devops es acompañar los proyectos desde su concepción hasta el producto final, cumpliendo metas de desarrollo en los tiempos establecidos; garantizar la optimización, mantenimiento y mejoramiento constante de servidores, bases de datos y aplicaciones; garantizar la integración de ramas de Backend - FrontEnd, optimizando todas las operaciones del Software, desarrollo y despliegue en producción; incorporar desde el principio hasta el final del desarrollo, la seguridad, asegurarse que no se vulnere la infraestructura implementada.

Los devops deberán tener conocimientos en administrador de servidores Linux; kubernetes y Jenkins; Django; Python; bases de datos SQL y NoSQL; AWS y/o GCP; infraestructura en la nube; manejo de Git; experiencia con Docker; en los procesos y principios de DevOps; en integración de APIs; en metodologías ágiles y en JIRA; en despliegue de modelos de Machine Learning; en modelado de amenazas, técnicas de evaluación de riesgos, revisiones de códigos, mejores prácticas actuales y las últimas amenazas de ciberseguridad; en comprensión profunda de cómo la seguridad impacta cada etapa de la secuencia de desarrollo y el producto o servicio final. Igualmente, se requiere habilidades y competencias transversales en habilidades de análisis y razonamiento, en manejo de crisis, en resolución de problemas, en calidad y mejora continua, proactividad, autonomía e independencia, habilidades de comunicación y adaptación al cambio. El nivel educativo requerido es ingeniería de sistemas, ingeniería de software, ingeniería electrónica o afines, con experiencia mayor a 2 años.

- **ML engineer (Professional Machine Learning Engineer):** el objetivo principal en este cargo es descubrir patrones en los datos, hacer predicciones para dar soluciones o responder preguntas comerciales, detectar y analizar tendencias y ayudar a resolver problemas exclusivamente desde el enfoque de ML. Igualmente tiene el objetivo de

investigar y desarrollar algoritmos de NLP (Natural Language Processing) y otros de ML (Machine Learning) en los tiempos definidos y dentro del presupuesto de infraestructura.

El ML engineer deberá crear productos en Inteligencia Artificial (IA); diseñar, evaluar y producir modelos, a través de algoritmos y programas que aprendan automáticamente o por refuerzo a resolver problemas únicamente a partir del enfoque de "Machine Learning (ML)"; estudiar y transformar prototipos de ciencia de datos para pruebas y experimentos de ML que sirvan como insumo para los desarrollos requeridos; hacer investigación y desarrollo de algoritmos de NLP y otros de ML en los tiempos definidos y dentro del presupuesto de infraestructura; atender los requerimientos de los proyectos internos y externos, desde el enfoque de Machine Learning; hacer estudio y transformación de prototipos de ciencia de datos para pruebas y experimentos de ML que sirvan como insumo para los desarrollos requeridos; hacer producción de diferentes versiones de los desarrollos, colaborando con el equipo tech para garantizar calidad; analizar conjuntos de datos, extraer información útil y convertirla en inteligencia de negocio; explorar herramientas nuevas para nuevos problemas, enfocadas en ML; ofrecer las soluciones a los requerimientos o problemas identificados y desarrollar su solución; responder preguntas de negocios en datos, brindando una solución que se ajuste a los requerimientos de los clientes; investigar e implementar herramientas, bibliotecas y aprendizajes de "Machine Learning", desarrollando nuevos modelos; desarrollar algoritmos basados en procedimientos de modelado estadístico; analizar datos utilizando la herramienta Python, generar conclusiones de los datos analizados y construir y entrenar modelos y soluciones de aprendizaje automático; producir diferentes versiones de los desarrollos, colaborando con el equipo tech para garantizar calidad.

El ML engineer deberá tener conocimientos en analítica, ciencia de datos, machine learning, deep learning, probabilidad y estadística, programación, matemáticas y algoritmos. Habilidad o experiencia demostrable en: procesamiento de lenguaje natural -NLP-(específicamente RNN, Transformers, BERT). Conocimientos en algoritmos de Machine Learning y Deep Learning; bases de Datos SQL y noSQL; en lenguaje de programación como Python. Conocimientos de marcos de aprendizaje automático y librerías de Python: TensorFlow, PyTorch, scikit-learn; en herramientas de versionamiento de código: Git. Habilidad o experiencia demostrable en Visión computacional. Tener nivel de inglés C1.

Igualmente, deberá tener habilidades investigativas; capacidad de planificación, organización y cumplimiento de objetivos; habilidades de análisis y razonamiento. Asimismo, competencias transversales en aprendizaje continuo; trabajo en equipo; proactividad y autonomía. El nivel educativo requerido es profesional en física, matemáticas, ingeniería en biomédica, en sistemas, en electrónica o afines; con experiencia mayor a 1 año en estructuración de proyectos de Machine Learning.

- **Tech Project Manager (director de proyectos):** está encargado de realizar la gestión de proyectos liderando procesos de planificación, ejecución, despliegue y control de actividades. Hacer seguimiento diario de los proyectos de consultoría, nuevos productos y generación de métricas de desempeño. Realizar la coordinación del equipo de

desarrollo para alcanzar metas en los tiempos establecidos y dentro del presupuesto. Deberá estar en comunicación con el cliente para definición de objetivos, reportar seguimiento y obtener retroalimentación. Generar de forma periódica documentación e informes precisos (documentación técnica e historias de usuario), para asegurar el cumplimiento de los objetivos y ayudar al equipo a ejecutar sus actividades. Realizar gestión y fortalecimiento permanente de las relaciones externas.

Tendrá la responsabilidad de entender metodologías de desarrollo, lenguajes de desarrollo de Data Science y lenguajes de desarrollo BackEnd. Algunos de conocimientos que deberá tener el Tech Project Manager son: en gerencia de proyectos (PMI); en Metodología Ágiles, como Scrum y Kanban; en manejo de herramientas de gestión de proyectos como Jira y Confluence; en gestión de indicadores; manejo de clientes y elaboración de informes. Conocimiento de programación - JavaScript (react.js) y Python (django); conocimientos básicos sobre infraestructura en la nube (AWS); en Inteligencia Artificial (AI) (desarrollo de productos que involucran Machine Learning y Ciencia de Datos) y en Marketing digital. Las personas para este cargo deberán tener las siguientes competencias transversales: autonomía, aprendizaje continuo, empatía, liderazgo, comunicación con equipos interdisciplinarios, buena comunicación verbal y escrita. El nivel educativo tendrá que ser postgrado en Gerencia de Proyectos o Project Management. Tener nivel de inglés C1.

- **Full Stack Engineer:** el Full Stack Engineer deberá brindar asistencia técnica al usuario final y al equipo interno del área de IT; comprender el funcionamiento adecuado de la plataforma, productos y servicios; monitorear y apoyar el funcionamiento adecuado de la plataforma y productos desarrollados: investigando, corrigiendo errores reportados y manteniendo su buen funcionamiento. Encontrar soluciones a cualquier falla e implementarlas. Brindar asistencia y soporte al cliente: comprender el problema y su causa, solucionar el problema, explicar el problema a los miembros del equipo o el cliente. Soportar la optimización, funcionalidad y mejoramiento constante de la plataforma, servidores, bases de datos, desarrollos a la medida y aplicaciones.

Las personas a desempeñar este cargo deberán tener conocimientos en Scripting y programación en Python (Django); en Front-end (React); en bases de datos SQL y NoSQL; en pruebas unitarias; en integración de APIs; en despliegue en ambiente de producción de aplicaciones web; manejo de Git; en celery; en confluence (Jira) y con conocimientos básicos de metodologías ágiles. Algunas de las habilidades necesarias para el presente cargo son: comunicación (Oral y escrita); trabajo en equipo; cooperación; análisis; razonamiento; resolución de problemas y actitud de servicio y/o colaboración. El nivel educativo requerido para el presente cargo técnico o profesional en ingeniería de sistemas; ingeniería de software; ingeniería electrónica o afines. Tener nivel de inglés C1.

- **Senior Product Manager (gerente de producto senior):** El Senior Product Manager deberá hacer gestión de la experiencia de usuario del producto, identificando y llenando vacíos en este y generando nuevas ideas y experimentos para el crecimiento de la cuota de mercado, el mejoramiento de la experiencia en Oceana y apoyando el crecimien-

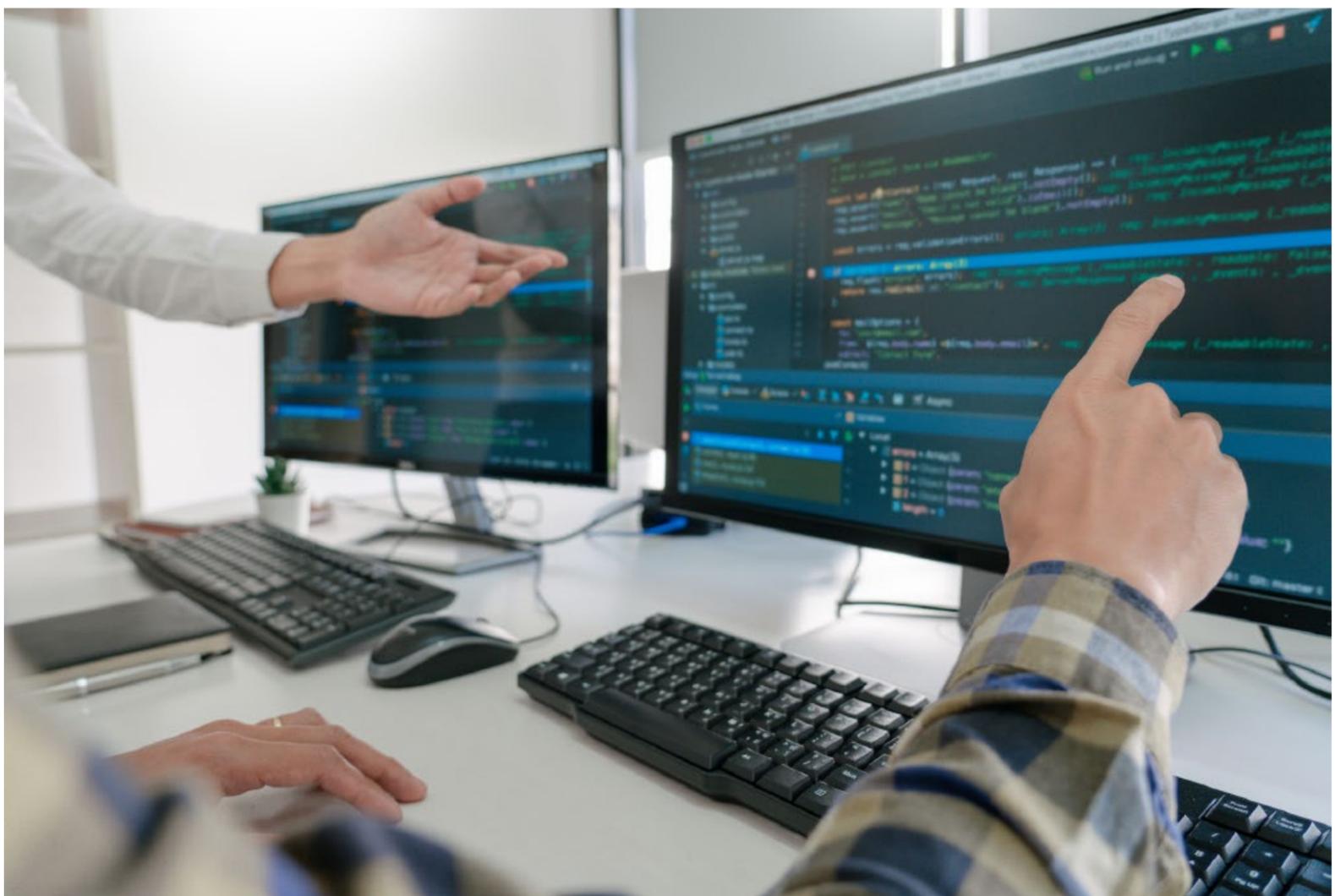
to de los indicadores de la compañía. Crear la estrategia de producto (roadmap) para cumplir con los objetivos del negocio y traducción de esta a requerimientos detallados (equipo, infraestructura, prototipos y demás). Hacer la priorización y seguimiento de actividades para el desarrollo de producto, según el impacto esperado en el negocio y el usuario. Generar y gestionar documentos de desarrollo de producto.

Tener conocimientos en experiencia del usuario y en diseño intuitivo; en Metodología Ágiles, como Scrum y Kanban (certificadas); en programación - JavaScript (react.js) y Python (django); en infraestructura en la nube (AWS); en Inteligencia Artificial y desarrollo de productos que involucran Machine Learning y Ciencia de Datos y en marketing digital. Tener manejo de herramientas de gestión de proyectos como Jira y Confluence; en gestión de indicadores; tener buen manejo de equipos de tecnologías interdisciplinarias; en metodologías de desarrollo, lenguajes de desarrollo para Data Science y lenguajes de desarrollo Fullstack. Tener un nivel intermedio avanzado de inglés (mínimo B2). El nivel educativo requerido es profesional universitario en ingeniería sistemas, industrial, en administración de Empresas o áreas afines.

- **Arquitecto de software:** tiene la responsabilidad de seleccionar las tecnologías de escritura, de dividir el software en capas, crear las estrategias de construcción, prueba e implementa mientras mantiene los aspectos de mantenibilidad, extensibilidad y otros requisitos no funcionales de un sistema. Asimismo, debe crear el diseño de software en términos de diferentes componentes; coordinar a otros profesionales en el diseño, proyecto y construcción de un ambiente o espacio. El nivel educativo requerido es profesional universitario.
- **Programador de software:** el programador de software deberá crear códigos usando un lenguaje de programación y probarlos para verificar si pueden lograr los resultados deseados; hacer testeos de las plataformas y despliegues; manejar modelos matemáticos y estadísticos. Igualmente, deberá tener amplios conocimientos en lenguajes como Python y R; en modelos matemáticos y estadísticos para poder llamar las librerías que están en los diferentes lenguajes de programación; conocer de dónde se saca la data y cómo entrenar el modelo. El nivel educativo solicitado es profesional universitario en ingeniería de sistemas.
- **Ingeniero de datos:** El ingeniero de datos estará en la capacidad de administrar y organizar los datos, a la vez que vigila las tendencias o incoherencias que afecte los objetivos comerciales de la compañía; podrá crear sistemas para dar soluciones de software. Igualmente, deberá tener conocimientos en herramientas de datos como Oracle, Hadoop, MySQL, así como lenguajes que incluyen Java, Linux, SQL y JavaScript, Python y/o R. El nivel educativo requerido es pregrado universitario.
- **Científicos de datos:** el científico de datos deberá aprovechar las fuentes de datos, procesarlos a través de distintas herramientas y metodologías; obtener información significativa, convertirla en conocimientos procesables. Crear algoritmos, extraer patrones y visualizaciones de datos; construir modelos de aprendizaje automático o formas de inteligencia artificial. Asimismo, deberá tener conocimientos en modelos

matemáticos y estadísticos; en programación en R y Python; en el negocio de la compañía en que labora; en modelos predictivos (para gestión de inventarios, entre otras) y estar en la capacidad para identificar problemas a través de modelos matemáticos. Tener habilidades para identificar problemas a través de modelos matemáticos, buena comunicación asertiva, trabajo en equipo y resolución de problemas. El nivel educativo requerido es posgrado, maestría o doctorado.

- **Analista de datos:** las personas que ocupan el cargo analista de datos tienen la responsabilidad de transformar los datos en información útil para la toma de decisiones; extraer, procesar y agrupar datos; analizar las agrupaciones y generar informes. Igualmente, deberá tener conocimientos en matemáticas, estadística, en estructuración de códigos, manejo de herramientas como Python y R. Competencias transversales de trabajo en equipo, en análisis, innovación, levantamiento de información, comunicación asertiva y creatividad. El nivel educativo requerido es técnico, tecnólogo o pregrado universitario.
- **Desarrollador junior:** el desarrollador junior deberá asistir al Gerente de Desarrollo con los aspectos de diseño y codificación de software; asistir y contribuir en las reuniones de desarrollo de la empresa; elaborar el código en lenguajes especializados como HTML, PHP y Java; ejecutar el código para garantizar su eficiencia y volver a escribirlo si hay errores, realizando pruebas. Asimismo, deberá tener habilidades en aprendizaje continuo, trabajo en equipo, resolución de problemas y análisis. El nivel educativo exigido para el cargo es pregrado universitario en ingeniería de sistemas o en software.



Cargos que aumentarán su demanda

Los cargos que seguirán aumentando su demanda por la implementación de la tecnología Inteligencia Artificial son: Fullstack Developer; Devops; ML Engineer y el Tech Project Manager. Actualmente se ha identificado una alta demanda tanto a nivel nacional como internacional por estos cargos, aspecto que hace difícil conseguir personas que cumplan con los requisitos para ocuparlos.

Falencias identificadas en los cargos demandados

La formación superior relacionada con la tecnología IA actualmente es muy académica. Se ha observado cada vez más, que las personas egresadas de programas de formación superior han tenido que recurrir a cursos que ofrecen las plataformas o las academias en IA. En otros casos, las empresas se han visto en la obligación de capacitar y entrenar de nuevo a las personas que contratan, ofreciéndoles capacitaciones que van de 3 a 6 meses.

Algunas de las competencias técnicas en las que se ha observado falencias son en habilidades relacionadas con infraestructura de Machine Learning y Big Data; en la construcción lógica de códigos en lenguajes especializados; en cómo volver la IA en un producto que genere valor agregado a las compañías; en identificación de problemas a resolver al interior de las empresas; en entrenamiento de modelos de IA; igualmente, se ha identificado que hay pocas personas con el conocimiento en adiestramiento de modelos IA. Además de las deficiencias técnicas, se ha observado falencias en habilidades blandas como comunicación, trabajo en equipo, escucha, persuasión, disciplina, cumplimiento, inteligencia emocional, resolución de problemas, así como, deficiencias en redacción, documentación de procesos, en tareas como hacer presentaciones y en atención al cliente. Dada el alta de manda por los cargos especializados en la tecnología IA y por los desarrolladores en general, es cada vez más común encontrar empresas que no exigen títulos de educación superior, las compañías han optado por enfocarse en evaluar las competencias técnicas requeridas y por exigir altos niveles de inglés.

9.1.3. Internet de las cosas (IoT)

Actualmente en Colombia, al igual que en otros países, la tecnología IoT está siendo utilizado en diferentes campos como pueden ser plantas de producción para realizar mantenimiento preventivo y analizar datos, en el sector médico, dónde se puede monitorizar de forma constante a un paciente y actuar antes de que la situación sea crítica, en casa, con las “SmartHomes”, dónde el microondas puede empezar a calentar la comida antes de que el usuario llegue a casa, en los llamados “wearables”, que son todos aquellos dispositivos que pueden ser incorporados a la ropa (por ejemplo, unas zapatillas que cuentan todos los kilómetros que corre una persona)⁵⁵.

⁵⁵ <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>.

Cargos demandados

A continuación, se nombran los cargos identificados por las empresas que implementan desarrollos con la tecnología IoT, para esta tecnología se identificó los siguientes cargos, los nombres corresponden a los dados por las empresas: i) gerente; ii) director de nuevos negocios; iii) ingeniero de desarrollo; iv) arquitecto de soluciones; v) ingeniero de calidad; vi) científico de datos; vii) analista de inteligencia de negocios (BI); viii) desarrollador cloud; ix) especialista de datos; x) profesional de soporte técnico y mantenimiento; xi) ingeniero de ciberseguridad; xii) administrador de sistemas; xiii) diseñador de experiencia de usuario; xiv) ingeniero de infraestructura y xv) profesional de bases de datos.

- **Gerente:** Para el cargo de gerente se requiere conocimientos en diseño, en experiencia al usuario, servicio al cliente, en manejo de lenguajes de programación, en herramientas No/Low Code y en metodologías ágiles. Asimismo, debe tener habilidades y competencias transversales como buenas relaciones interpersonales, empatía, pensamiento crítico, trabajo en equipo, liderazgo, capacidad de interpretación, concentración y pensamiento innovador. El nivel educativo requerido es profesional universitario.
- **Director de nuevos negocios:** Algunas de las funciones establecidas para el cargo director de nuevos negocios son: desarrollar actividades comerciales que generen nuevos clientes a través de la venta de los servicios propuestos en el portafolio de servicios, logrando así el cumplimiento del presupuesto anual asignado, mejorando la participación en el mercado. De otro lado, se requiere conocimientos en servicio al cliente, lenguajes de programación y en metodologías ágiles. Asimismo, las personas deben tener habilidades y competencias transversales como buenas relaciones interpersonales, empatía, pensamiento crítico, trabajo en equipo, liderazgo, capacidad de interpretación, concentración y pensamiento innovador. El nivel educativo requerido es profesional o tecnólogo.
- **Ingeniero de desarrollo:** El ingeniero de desarrollo deberá realizar las siguientes actividades: desarrollar e implementar dentro de la plataforma web soluciones; estructurar los proyectos y liderar las pruebas de concepto; realizar los prototipados e implementaciones; diseñar e implementar flujos, funcionalidades o apps que aseguren una experiencia extraordinaria al usuario y su integración con los demás procesos de venta de la empresa; identificar y proponer tecnologías, servicios, socios de negocio o proveedores necesarios para el éxito de los proyectos; crear flujos, mapas de journey, mapas de impacto, diagramas conceptuales sobre funcionalidades o experiencia de usuario y proponer soluciones digitales dentro del marco de las iniciativas estratégicas en curso.

Las personas a desempeñar este cargo deberán tener conocimientos en física, matemáticas, lenguajes de programación (Python, Java, Herramientas No/Low Code) y metodologías ágiles. Igualmente, deberán tener habilidades y competencias transversales en pensamiento crítico, trabajo en equipo, liderazgo, concentración y pensamiento innovador. El nivel educativo podrá ser ingeniero o tecnólogo en electrónica, en desarrollo de software o en biomédica.

- **Arquitecto de soluciones:** algunas de las funciones a realizar son: apoyar al equipo de operaciones para dar soporte a las soluciones y servicios implementadas en el ambiente del cliente, en la nube o en Datacenter VALID. Las personas deberán tener conocimientos en electrónica, software, física, matemáticas, lenguajes de programación (Python, Java, Herramientas No/Low Code) y en metodologías ágiles. Con habilidades en diseño, pensamiento crítico, trabajo en equipo, liderazgo, capacidad de interpretación y empatía.
- **Ingeniero de calidad:** Las principales funciones establecidas para el cargo son: realizar auditoría de sistemas de acuerdo con los requisitos de las normas de calidad de la empresa; establecer métricas de calidad para todos los procedimientos de los servicios ofertados, realizar supervisión de todo el ciclo de producción e informar de los fallos en los procesos. Las personas deberán tener conocimientos en física, matemáticas, en inspección y vigilancia a los procesos y en metodologías ágiles.
- **Científico de datos:** el científico de datos deberá hacer las actividades concernientes a desarrollar y validar enfoques para producir y presentar conocimientos que se implementarán en la empresa; desarrollar modelos de datos sofisticados para apoyar la generación de informes y análisis de alto valor; diseñar, desarrollar, implementar y mantener modelos de datos que apoyen la entrega de nuevos productos en favor de la eficacia de la compañía. Las personas podrán ser ingenieros o tecnólogos en electrónica, en desarrollo de software, en biomédica, ingeniería de datos o científico de datos.
- **Analista de inteligencia de negocios (BI):** algunas de las funciones asignadas son: transformar los datos en información para la toma de decisiones en la empresa; generar informes y reportes; hacer desarrollo de KPIs operativos y gerenciales. Asimismo, deberá tener conocimientos en servicio al cliente, bases de datos, plataformas de BI, metodologías ágiles, análisis y visualización de datos, en lenguajes de programación, en herramientas No/Low Code.
- **Especialista de datos:** el especialista de datos deberá definir la arquitectura de base de datos y participar en la definición de la arquitectura de Inteligencia de Negocios que se requiera; liderar técnicamente los proyectos de actualización de la plataforma de bases de datos y herramientas de Inteligencia de Negocios a su cargo; definir, ejecutar y mantener desde el punto de vista técnico los procedimientos de afinamiento sobre la plataforma de bases de datos y herramientas de Inteligencia de Negocio. Con conocimientos en Bases de datos, en lenguajes de programación (Python, Java, Herramientas No/Low Code) y en metodologías ágiles. El nivel educativo requerido es profesional o tecnólogo en electrónica, en desarrollo de software, en datos.
- **Profesionales de soporte técnico y mantenimiento:** Entre sus funciones principales está realizar mantenimiento correctivo y preventivo a los diferentes equipos. Las personas deberán tener conocimientos en desarrollo, electrónica, cableado, redes y comunicaciones. Asimismo, habilidades y competencias transversales en capacidad de interpretación, empatía, concentración y pensamiento innovador. El nivel educativo requerido es tecnólogo o técnico en desarrollo de software, en sistemas, en redes, en electrónica o en telecomunicaciones.

- **Ingeniero de ciberseguridad:** el ingeniero de ciberseguridad deberá colaborar con el equipo, analizar y aplicar reglas de negocios a las transformaciones de datos; realizar la validación, limpieza y análisis de datos; probar, depurar y documentar procesos ETL, consultas SQL y procedimientos almacenados; analizar datos de varias fuentes, incluidas bases de datos y archivos planos. Igualmente, deberá tener conocimientos en seguridad informática, hacking ético, metodologías ágiles, en desarrollo, en electrónica, en telecomunicaciones y ciencias básicas.
- **Administrador de sistemas:** entre sus principales actividades está realizar la administración y mantenimiento en los sistemas operativos, hacer el parchado, las actualizaciones del sistema operativo Unix y realizar la gestión de servidores. Asimismo, deberá tener conocimientos en desarrollo, cableado, compras, gestión, en electrónica, en redes y comunicaciones, en metodologías ágiles y en administración. El nivel educativo requerido es tecnólogo o profesional universitario en ingeniería electrónica, en desarrollo de software, en sistemas, en redes o en telecomunicaciones.
- **Diseñador de experiencia de usuario:** tendrá asignado las tareas de definir y ejecutar necesidades de investigación que impulsen la defensa de los usuarios y clientes; crear planes y protocolos de investigación de la experiencia y facilitar sesiones en diversas metodologías. Los profesionales que ocupen este cargo deberán tener conocimientos en servicio al cliente, en lenguajes de programación, en software de diseño y metodologías ágiles. El nivel educativo requerido es profesional o con posgrado en diseño gráfico, publicidad, arquitectura o diseño de experiencias (User Experience UX).
- **Ingeniero de infraestructura:** el ingeniero de infraestructura deberá manejar personal y hacer contacto directo con los clientes, tomar decisiones, coordinar y ejecutar proyectos, realizar el manejo de compras para los clientes y proveedores. Igualmente, deberá tener conocimientos en desarrollo, en electrónica, en redes y comunicaciones, en cableado, compras, gestión, metodologías ágiles, administración, en infraestructura, bases de datos y en arquitectura de sistemas.
- **Profesional de bases de datos:** algunas de las funciones establecidas para este cargo son: analizar, diagnosticar y solucionar los problemas que se presenten en la plataforma de bases de datos y en las herramientas de Inteligencia de Negocios; definir, asegurar y ejecutar desde el punto de vista técnico los planes de respaldo y recuperación de la plataforma de bases de datos y de herramientas de Inteligencia de Negocios. Para el cargo en mención se requiere conocimientos en electrónica, en metodologías ágiles, en bases de datos y en arquitectura de sistemas.

Los cargos enunciados no sólo corresponden a los que están siendo demandados por las empresas que implementan desarrollos con la tecnología IoT, sino que, además, son cargos que se prevé van a aumentar su demanda en el futuro a medida que la tecnología IoT se masifique en diferentes sectores productivos.

9.1.4. Blockchain

Blockchain es una cadena de bloques, en la que se tiene un modelo distribuido para mantener la autenticidad de la información. Es una tecnología que busca darle seguridad a los procesos que se tienen, para lo que por ejemplo se debe tener un desarrollo que soporte la creación de criptomonedas, entre otros.

Para tecnología blockchain los expertos consultados priorizaron 4 tendencias específicas que se creen se van a implementar en el país: i) manufactura avanzada; ii) blockchain y criptomonedas; iii) contratos inteligentes y dinero programable y iv) gestión de propiedad intelectual.

Por la tendencia manufactura avanzada se prevé que los siguientes cargos se van a transformar: i) analista, ii) operario, iii) gestor de innovación, iv) desarrollador y v) abogado. Se cree que a medida que la tendencia se implemente en los sectores productivos las personas que ocupen alguno de los cargos mencionados tendrán que adquirir nuevos conocimientos de cómo usar la tecnología e implementarla para mejorar la competitividad de las empresas. Igualmente, deberán tener habilidades y competencias transversales como versatilidad para las tecnologías, habilidades digitales, en programación y en desarrollo. Por la implementación de la tendencia específica blockchain y criptomonedas se cree que los siguientes cargos se van a transformar: i) trading, ii) desarrollador, iii) gestor de innovación, iv), abogado y v) analista. Los analistas y trading deberán adquirir nuevos conocimientos en el uso e implementación de nuevas tecnologías, en blockchain y criptomonedas. Para los desarrolladores se prevé, tendrán asignadas las siguientes funciones nuevas: hacer desarrollo de criptomonedas, realizar desarrollo de plataformas y hacer desarrollo de minería de datos. El gestor de innovación a causa de la implementación de la tendencia deberá hacer desarrollo de productos digitales y tener manejo de metodologías ágiles. Por su parte, los abogados deberán adquirir nuevos conocimientos en blockchain y en cómo está regulada la tecnología de acuerdo con el marco en el que se desarrolle.

Con la implementación de la tendencia criptomonedas se ha dado espacio a una descentralización de la moneda. En Colombia el sector financiero ha estado incursionando en el proceso de crear desarrollos para crear nuevas criptomonedas, no obstante, son avances preliminares, sin que sean definitivos. Una línea en el que el país ha venido participando activamente es la parte de transaccional, dado que cualquier persona puede vender o comprar criptomonedas a través de diferentes plataformas.

Con la implementación de las tendencias específicas contratos inteligentes y dinero programable, y gestión de propiedad intelectual, se cree que se van a transformar los cargos: i) abogado y ii) desarrollador. Los profesionales deberán adquirir nuevos conocimientos en blockchain y en cómo está regulada la tecnología de acuerdo con el marco en el que se desarrolle, así como, en el desarrollo de código, plataformas y soluciones basadas en el blockchain.

Cargos que perderán relevancia

Con la implementación de la tendencia específica manufactura avanzada se prevé que los cargos ingeniero de calidad y auditor interno perderán relevancia o demanda en las áreas de producción del sector industrial. Con la implementación de la tendencia contratos inteligentes se espera que el cargo perito pierda relevancia.

9.1.5. Robótica

En el país, algunas empresas del sector servicios han estado automatizando procesos operativos de áreas como facturación, auditoría, pagos, atención al cliente, entre otras, empleando la Automatización Robótica de Procesos, conocida también como RPA, en la que se usa robots de sólo software. En algunas de estas empresas que han estado automatizando sus procesos, éstas pueden llegar a tener hasta un total de 300 robots.

En la implementación de los planes de automatización, las compañías han implementado programas de reconversión de capital humano, capacitando al personal que realizaba las funciones operativas que ahora hacen los robots, en tareas que implican análisis de información, monitoreo e identificación de inconsistencias en las actividades asignadas a los robots. Dada la implementación de la tecnología robótica los cargos operativos están perdiendo relevancia, las empresas han pasado a demandar personal con competencias enfocadas al análisis de información, resolución de problemas entre, otras.

A continuación, se nombran los cargos identificados por las empresas que implementan desarrollos con la tecnología robótica, para esta tecnología se identificó los siguientes cargos, los nombres corresponden a los dados por las empresas: i) Estratega de automatización; ii) Arquitecto de automatización; iii) Ingeniero industrial; Configurador de Automatización Robótica de Procesos (RPA) y iv) Monitor de robots.

- **Estratega de automatización:** las principales funciones establecidas para el cargo estratega de automatización son: definir cuál es la estrategia de automatización dentro de la compañía, cuáles procesos se van a automatizar y el orden; revisar que las métricas dadas para la automatización se estén dando; medir el impacto y los niveles de productividad con la automatización; medir los costos y beneficios de la automatización.

Para el presente cargo se requiere conocimientos en estrategias de automatización dentro de la compañía, en los procesos susceptibles a ser automatizados, en medición de impactos de automatización y niveles de productividad, en métricas para la automatización y en gestión de procesos. Las competencias transversales exigidas son trabajo en equipo, comunicación asertiva, resolución de problemas, liderazgo y análisis. Deberá ser un profesional con posgrado en áreas relacionadas con el sector al que corresponda la compañía. Es un cargo emergente.

- **Arquitecto de automatización:** algunas de las funciones establecidas para el cargo arquitecto de automatización son construir los procesos de automatización, hacer aná-

lisis de cómo se ven impactados los sistemas de información de áreas como facturación, nómina, entre otras. Los principales conocimientos requeridos para este cargo son en impactos de los sistemas de información en las compañías, en procesos de automatización y en arquitectura empresarial o en negocios. Las destrezas solicitadas son comunicación asertiva, trabajo en equipo y en resolución de problemas. Los aspirantes podrán ser tecnólogos en sistemas.

- **Ingeniero industrial:** Algunas de las funciones establecidas son hacer análisis de procesos de la compañía y optimizar recursos. Deberá ser una persona con conocimientos en análisis de procesos y optimización de recursos, con capacidad trabajo en equipo, buena comunicación asertiva y resolución de problemas.
- **Configurador de Automatización Robótica de Procesos (RPA):** para el cargo se requiere conocimientos en procesos de automatización, en configuración de los procesos y en lenguajes de programación en python y java. Las principales funciones establecidas son programar los procesos y hacer la configuración de los procesos. El nivel educativo exigido es una tecnología o profesional en sistemas.
- **Monitor de los robots:** los aspirantes deberán tener buen manejo en el uso de tecnologías de los softwares que tenga la empresa, en Power BI y en Excel avanzado. Deberán estar en la capacidad de hacer el monitoreo de los robots, verificar que los robots suban bien la información y hacer análisis de información usando las tecnologías o los softwares que tenga la empresa para verificar que los robots estén haciendo bien las tareas. El nivel educativo requerido es profesional en ingeniería industrial o en sistemas.

Cargos que perderán relevancia

Con la implementación de tecnologías que permiten automatizar los procesos de tipo operativo establecidos en las compañías, se prevé que los cargos operativos van a tener cada vez menor demanda, algunos de los cargos identificados que perderán relevancia son los cajeros, los facturadores, entre otros.



9.1.6. Impresiones 3D

Los cargos demandados para las empresas que desarrollan productos y servicios en 3D tienden a ser de carácter interdisciplinarios. Deben tener conocimientos en ingeniería electrónica, mecánica y de sistemas. Esta necesidad hace que sea difícil encontrar profesionales preparados para entrar en la aplicación de las tecnologías y crear empresa en el país.

Cargos demandados:

Estos cargos son los identificados por las empresas, según el nombre por el que los identifican las mismas: i) gerente de mantenimiento; ii) diseñador mecánico; iii) especialista en impresiones 3D; iv) ingenieros de automatización; v) ingenieros de datos; vi) ingenieros en mecánica e vii) ingeniero electrónico.

- **Gerente de mantenimiento:** Con conocimientos en mecánica de funcionamiento de los dispositivos a nivel industrial, en encadenamiento de las partes individuales, en temas de diseño y producto. Los aspirantes podrán ser profesionales o tecnólogos.
- **Diseñador mecánico:** Con conocimientos interdisciplinarios en ingeniería electrónica, mecánica y de sistemas, en diseño de producto, con manejo de lenguajes de programación como python, html, Java, entre otros. Algunas de las funciones son escribir, depurar y mantener el código fuente de un programa informático; ejecutar el hardware de una computadora para realizar una tarea determinada. Los aspirantes podrán ser profesionales o tecnólogos.
- **Especialista en impresiones 3D:** con conocimientos interdisciplinarios en ingeniería electrónica (tarjetas de control, en circuitos), mecánica y de sistemas, en impresión 3D, con conocimientos en cómo lograr un producto final, en diseño 3d, en materiales y en diseño industrial. Con destrezas como creatividad, resolución de problemas, en programación en lenguajes como python, Java, HTML y con capacidad de aprendizaje continuo. Los aspirantes deberán ser profesionales.
- **Ingeniero de automatización:** para el cargo se requiere manejo de lenguajes de programación como Python, HTML, Java, entre otros. Asimismo, es un cargo para el que las personas deberán tener conocimientos interdisciplinarios en ingeniería electrónica, mecánica y de sistemas. Los aspirantes podrán ser profesionales ingeniería de sistemas, electrónica, mecatrónica o mecánica.
- **Ingeniero de datos:** para el cargo ingeniero de datos se requiere conocimientos en ciencia de datos y en robótica, con destrezas como resolución de problemas, creatividad y aprendizaje continuo.
- **Ingenieros en mecánica:** Con habilidades en programación y destrezas en aprendizaje continuo, creatividad y resolución de problemas. Con amplios conocimientos en robótica, análisis de datos y manejo de lenguajes de programación como Python, HTML o Java.

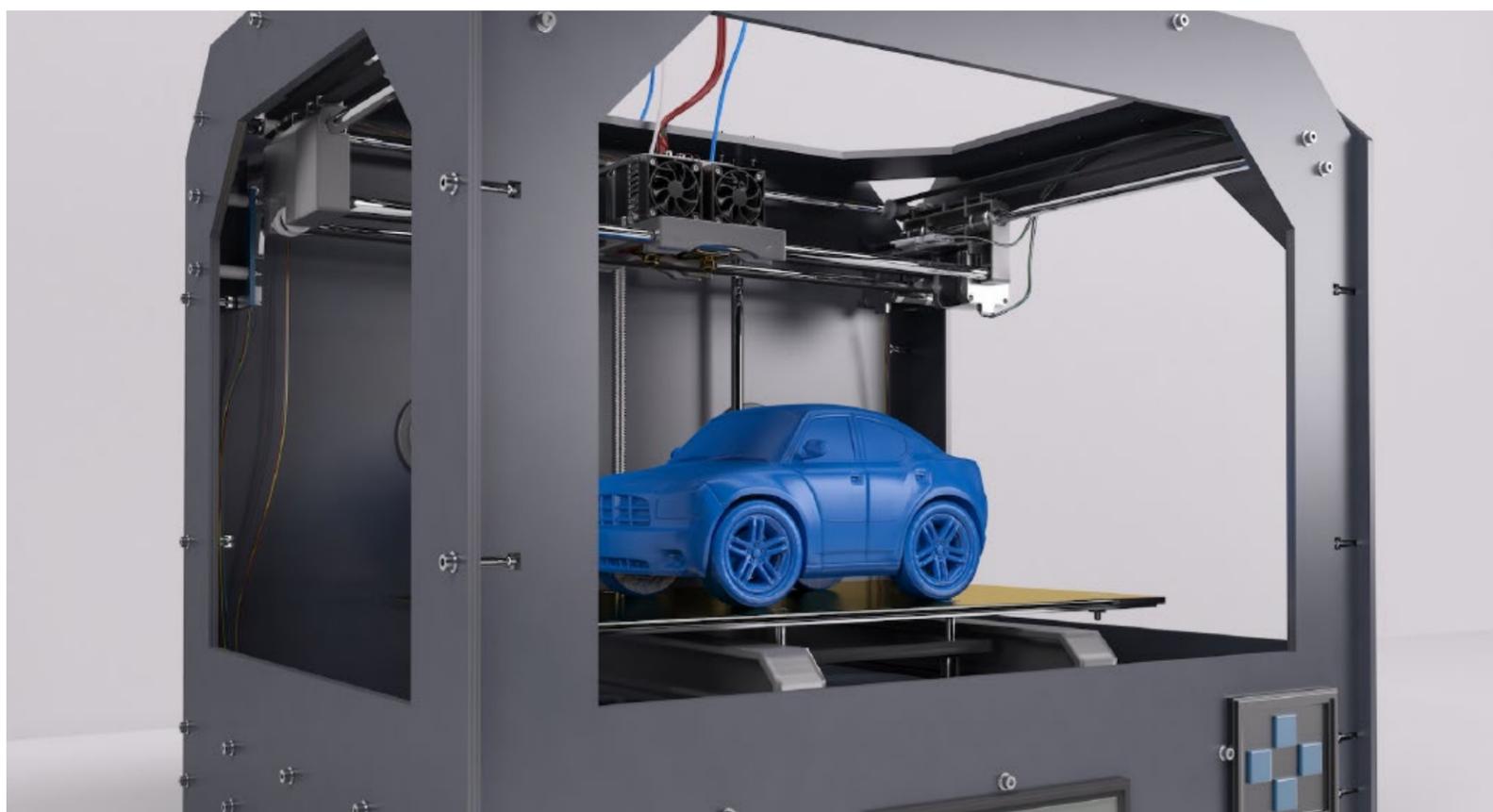
- **Ingeniero electrónico:** Con conocimientos en materiales, en mecanismos, en circuitos y en tarjetas. Con capacidad de aprendizaje continuo, creatividad y habilidades en resolución de problemas.

Falencias identificadas en los cargos demandados

Para tener egresados con conocimientos y habilidades interdisciplinarias y habilidades blandas, las instituciones de educación superior deben generar un mayor nivel de articulación con el sector productivo. Se ha identificado que las universidades están centradas sólo en buscar acreditaciones internacionales, en las que se logran obtener reconocimiento por necesidades o aspectos que no son aplicables a la realidad del país.

Hay una desconexión entre la vida académica del estudiante y la realidad del sector industrial, falta trabajar de la mano del sector productivo, conectar al estudiante con la realidad empresarial del país, para evitar que cuando salga de las instituciones no encuentren la aplicabilidad a los conocimientos adquiridos. En las universidades hace falta acciones para incentivar a los estudiantes a trabajar en el sector productivo del país, suelen crear grupos en investigación sólo con pequeños grupos de estudiantes sobresalientes, dejando a los demás fuera, sin hacer esfuerzos por explotar las habilidades de los otros estudiantes que no son sobresalientes en las notas, pero que posiblemente tienen habilidades aplicables en el sector productivo. Dado el anterior escenario, muchos de los egresados de carreras como ingeniería mecánica se van del país.

Para afrontar los retos de la industria 4.0 tiene que haber cambios en la metodología empleada por las instituciones de educación superior en la educación, la enseñanza debería estar más centrada en conocimientos transversales e interdisciplinarios. Es importante resaltar que el mercado de la industria 4.0 en Colombia está monopolizado por las empresas con modelos de negocios basados en aplicaciones, como por ejemplo Rappi, Amazon, Domicilios.com, entre otras.



10. Análisis de las vacantes e inscritos relacionados con la industria 4.0

Tomando la información publicada por Sena, del Observatorio Laboral y Ocupacional (OLO), a continuación, se realiza un análisis de las vacantes e inscritos para el trimestre enero - marzo 2020 - 2021. Por vacante se entiende todo aquel puesto trabajo sin ocupar (número de personas), por el que la empresa se encuentra en un proceso de búsqueda de talento para que una persona realice las actividades establecidas para el cargo.

Tabla 15. Vacantes en ocupaciones relacionadas con la 4RI

Nombre de la ocupación	Número de vacantes Enero - Marzo		Participación en total vacantes país		% Variación 2021 vs 2020
	2020	2021	2020	2021	
Ingenieros Mecánicos	131	271	0,9%	1,8%	106,9%
Ingenieros Electricistas	100	298	0,7%	1,9%	198,0%
Ingenieros de Automatización e Instrumentación	39	112	0,3%	0,7%	187,2%
Ingenieros de Telecomunicaciones	9	34	0,1%	0,2%	277,8%
Ingenieros Industriales y de Fabricación	550	543	4,0%	3,5%	-1,3%
Ingenieros de Tecnologías de la Información	265	352	1,9%	2,3%	32,8%
Diseñadores Industriales	47	64	0,3%	0,4%	36,2%
Analistas de Sistemas Informáticos	440	315	3,2%	2,1%	-28,4%
Administradores de Servicios de Tecnologías de la Información	166	81	1,2%	0,5%	-51,2%
Desarrolladores de Aplicaciones Informáticas y Digitales	332	855	2,4%	5,6%	157,5%
Gerentes de Sistemas de Información y Procesamiento de Datos	4	14	0,5%	1,4%	250,0%
Técnicos en Automatización e Instrumentación	149	364	0,8%	1,6%	144,3%
Técnicos en Tecnologías de la Información	514	645	2,6%	2,8%	25,5%
Total	4.766	5.969			

Fuente: OLO del Sena.

Analizando la información del trimestre enero - marzo 2020 respecto al mismo trimestre 2021, el número de vacantes pasó de 4.766 a 5.969, presentando un incremento de 1.203 vacantes. Para el periodo 2021 las ocupaciones que registran una mayor participación entre el total número de vacantes en el país son Desarrolladores de Aplicaciones Informáticas y Digitales con 5,6% (855), Ingenieros Industriales y de Fabricación con el 3,5% (543) y Técnicos en Tecnologías de la Información con 2,8% (645).

A partir de la información publicada por Sena, a continuación, se realiza un análisis de los inscritos para el trimestre enero - marzo 2020 - 2021. El número de inscritos corresponde a la única ocupación de interés señalada por el buscador de empleo al momento de registrar la hoja de vida.

Tabla 16. Inscritos en ocupaciones relacionadas con la 4RI

Nombre de la ocupación	Número de inscritos Enero - Marzo		Participación (%)		% Variación 2021 vs 2020
	2020	2021	2020	2021	
Ingenieros Mecánicos	362	312	1,4%	1,5%	-13,8%
Ingenieros Electricistas	232	221	0,9%	1,1%	-4,7%
Ingenieros de Automatización e Instrumentación	140	160	0,5%	0,8%	14,3%
Ingenieros de Telecomunicaciones	122	63	0,5%	0,3%	-48,4%
Ingenieros Industriales y de Fabricación	933	833	3,6%	4,1%	-10,7%
Ingenieros de Tecnologías de la Información	644	391	2,5%	1,9%	-39,3%
Diseñadores Industriales	84	111	0,3%	0,5%	32,1%
Analistas de Sistemas Informáticos	896	611	3,5%	3,0%	-31,8%
Administradores de Servicios de Tecnologías de la Información	649	990	2,5%	4,8%	52,5%
Desarrolladores de Aplicaciones Informáticas y Digitales	415	372	1,6%	1,8%	-10,4%
Gerentes de Sistemas de Información y Procesamiento de Datos	19	15	0,9%	0,7%	-21,1%
Técnicos en Automatización e Instrumentación	52	28	0,2%	0,1%	-46,2%
Técnicos en Tecnologías de la Información	2801	2526	10,2%	10,8%	-9,8%
Total	7.349	6.633			

Fuente: OLO del Sena.

Analizando la información del trimestre enero - marzo 2020 respecto al mismo trimestre 2021, el número de inscritos pasó de 7.349 a 6.633, presentando una disminución de 716 personas inscritas en la Agencia Pública de Empleo del Sena para las ocupaciones de interés. Para el periodo 2021 las ocupaciones que registran una mayor participación entre el total número de vacantes en el país son Técnicos en Tecnologías de la Información con 10,8% (2.526), Administradores de Servicios de Tecnologías de la Información con 4,8% (990) e Ingenieros Industriales y de Fabricación con 4,1% (833).

Al comparar los números totales de vacantes respecto a los totales de inscritos para los años 2020 y 2021, se puede observar que el número de inscritos es mayor al número de vacantes, comportamiento que se repite al comparar el número de vacantes e inscritos a nivel de ocupación. No obstante, al revisar los crecimientos del trimestre 2020 con respecto al de 2021, el número de vacantes registró crecimientos en 10 de las 13 ocupaciones analizadas, mientras que, para el número personas inscritas sólo 4 ocupaciones registraron crecimientos positivos y las nueve restantes presentaron disminución.

Partiendo de la información presentada, se puede observar que no hay una brecha entre el número de vacantes y el número de inscritos, generando en primera instancia una evidencia de que hay más personas ofertando su mano obra respecto a la demandada por el sector productivo, no obstante, se debe tener en cuenta que a partir de esta información no se puede corroborar que las competencias de los inscritos respondan a las demandas por las empresas. Sin embargo, la información disponible si genera evidencias sobre notables crecimientos de las vacantes como desarrolladores, mientras que para la variable inscritos en su gran mayoría no se tiene crecimientos positivos.

11. Conclusiones, limitaciones y oportunidades

El Conpes 3975 de 2019 tiene como objetivo potenciar la generación de valor social y económico en el país a través del uso estratégico de tecnologías digitales en el sector público y el sector privado, para impulsar la productividad y favorecer el bienestar de los ciudadanos, así como generar los habilitadores transversales para la transformación digital sectorial, de manera que Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la Cuarta Revolución Industrial (4RI).

Es necesario destacar que la conectividad es una condición habilitante necesaria para alcanzar la transformación digital y por tanto una herramienta indispensable para reducir la brecha digital entre zonas rurales-urbanas y entre estratos socioeconómicos.

En este sentido, se destacan:

- » Tecnologías digitales para la eficiencia del sector público: Estas nuevas políticas comienzan a tratar en profundidad la transformación digital enfocada en que Colombia inicie el aprovechamiento de las oportunidades relacionadas con la 4RI
- » Generación de habilidades digitales en la ciudadanía: Es un nuevo contexto tecnológico que representa la 4RI, exige cada vez mayores habilidades y capacidades cognitivas

a las personas para desenvolverse adecuadamente.

- » Tecnologías digitales para mayor productividad en el sector privado: Estas políticas se han enfocado en la formación de capital humano y capacidades productivos.

Por su parte, la transformación digital y la automatización han conducido a un cambio de las dinámicas laborales pues ha transformado las herramientas disponibles para el trabajo, las habilidades en las que son formados los empleados y los resultados esperados por parte de los empleadores. En ese sentido, ha presentado tanto limitaciones como oportunidades para los trabajadores pues representa un ajuste en la oferta y demanda por trabajo. Dicho ajuste se ha acelerado durante la pandemia del COVID-19 y ha sido impulsado por las medidas de confinamiento para contener el virus. Estos eventos han acentuado un cambio que ya se viene dando: el uso de las herramientas digitales en todos los aspectos de la vida humana.

Para trabajadores, empleadores y hacedores de política los cambios del mercado laboral presentan un importante reto. En primer lugar, el cambio en la forma de hacer las labores genera que muchos trabajadores no tengan las habilidades demandadas por el mercado o sus ocupaciones sean reemplazadas. El desajuste entre las habilidades demandadas y ofrecidas por el mercado laboral resulta afectando, en mayor medida, para los grupos más vulnerables. En segundo lugar, los empleadores tienen el reto de mantener el ritmo de los avances digitales para mantener su posición en el mercado. Las actividades de la economía se han transformado encaminadas a un uso de las TICs. Por tanto, se enfrentan a la necesidad de realizar grandes inversiones para incorporar la tecnología hoy, pero unos beneficios visibles en el mediano plazo. En tercer lugar, los hacedores de política enfrentan una importante disyuntiva: impulsar el cambio tecnológico o proteger a los trabajadores tradicionales, se debe trabajar simultáneamente en ambos frentes para minimizar los efectos negativos de la transformación digital. Futuros análisis podrían incluir medidas de distanciamiento social y de teletrabajo para analizar cómo las ocupaciones y sectores digitalmente intensivos se han desempeñado durante la pandemia y por lo tanto el espectro de análisis podría incluir 2020 y 2021.

Aun cuando los obstáculos y desafíos de la transformación digital son inminentes, sus oportunidades son extensas. En el contexto de la pandemia del COVID-19 el mayor uso de las herramientas digitales que ha empezado años atrás ha dado la posibilidad de que muchas actividades laborales puedan tener continuidad a pesar del distanciamiento social. Conjuntamente, han permitido que actividades que no se podían realizar por el confinamiento se hayan transformado, unos de los ejemplos más representativos siendo el comercio al por menor transformándose a comercio digital. Por otro lado, una mayor formación en habilidades digitales se traduce en mayor productividad en todo tipo de ocupaciones. Por ejemplo, el uso del análisis de datos ha permitido mejorar los servicios a los consumidores, mientras que el uso de Big Data en la agricultura aumenta la productividad de los cultivos y permite a los trabajadores del sector primario prepararse a los efectos del clima. Finalmente, la formación en habilidades digitales de los trabajadores está relacionado a un ambiente de innovación y mayor competitividad, que puede causar traducirse en mayores salari

12. Anexos

Tabla 17. Número de empleados por rama de actividad y nivel de digitalización

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
01	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	Bajo	3,338	3,367	3,522	3,539	3,363
02	Silvicultura y extracción de madera	Bajo	36	38	36	31	28
03	Pesca y acuicultura	Bajo	127	119	141	142	130
05	Extracción de carbón de piedra y lignito	Bajo	37	40	37	46	50
06	Extracción de petróleo crudo y gas natural	Bajo	48	31	32	31	33
07	Extracción de minerales metalíferos	Bajo	79	76	75	85	65
08	Extracción de otras minas y canteras	Bajo	34	31	36	37	39
09	Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas	Bajo	6	5	5	10	10
10	Elaboración de productos alimenticios	Bajo	527	484	534	617	556
11	Elaboración de bebidas	Bajo	86	75	91	100	94
12	Elaboración de productos de tabaco	Bajo	7	7	6	5	4
13	Fabricación de productos textiles	Medio-bajo	93	109	106	117	98
14	Confección de prendas de vestir	Medio-bajo	483	473	444	427	451
15	Curtido y recurtido de cueros; fabricación de calzado; fabricación de artículos de viaje, maletas, bolsos de mano y artículos similares, y fabricación de artículos de talabartería y guarnicionería; adobo y teñido de pieles	Medio-bajo	224	219	214	184	169

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
16	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de cestería y espartería	Medio-alto	43	44	47	56	51
17	Fabricación de papel, cartón y productos de papel y cartón	Medio-alto	42	36	35	38	34
18	Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales	Medio-alto	54	48	38	39	37
19	Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	Medio-bajo	6	5	5	4	5
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	Medio-bajo	94	90	92	87	94
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	Medio-bajo	41	47	41	46	42
22	Fabricación de productos de caucho y de plástico	Medio-bajo	85	88	88	82	81
23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Medio-bajo	112	112	103	97	89
24	Fabricación de productos metalúrgicos básicos	Medio-bajo	17	22	18	20	15
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	Medio-bajo	215	223	228	203	215

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	Medio-alto	13	13	11	9	7
27	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	Medio-alto	31	32	29	25	32
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	Medio-alto	30	27	21	25	25
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	Alto	31	28	30	32	30
30	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	Alto	12	12	12	9	12
31	Fabricación de muebles, colchones y somieres	Medio-alto	220	187	177	175	160
32	Otras industrias manufactureras	Medio-alto	129	138	137	137	136
33	Instalación, mantenimiento y reparación especializado de maquinaria y equipo	Medio-alto	68	65	59	69	66
35	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	Bajo	71	66	70	71	71
36	Captación, tratamiento y distribución de agua	Bajo	40	41	41	45	46
37	Evacuación y tratamiento de aguas residuales	Bajo	11	6	2	4	5
38	Recolección, tratamiento y disposición de desechos, recuperación de materiales	Bajo	63	61	72	64	73
39	Actividades de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos	Bajo	1	0	1	0	1
41	Construcción de edificios	Bajo	988	983	1,005	881	946
42	Obras de ingeniería civil	Bajo	218	214	197	215	211
43	Actividades especializadas para la construcción de edificios y obras de ingeniería civil	Bajo	344	368	328	405	365

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
45	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas, sus partes, piezas y accesorios	Medio-alto	496	507	540	536	535
46	Comercio al por mayor y en comisión o por contrata, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas	Medio-alto	475	467	485	469	460
47	Comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles), excepto el de vehículos automotores y motocicletas	Medio-alto	3,182	3,248	3,219	3,250	3,255
49	Transporte terrestre; transporte por tuberías	Bajo	1,156	1,160	1,177	1,178	1,165
50	Transporte acuático	Bajo	11	16	15	15	17
51	Transporte aéreo	Bajo	20	20	19	21	24
52	Almacenamiento y actividades complementarias al transporte	Bajo	241	246	255	246	252
53	Correo y servicios de mensajería	Bajo	85	86	78	76	88
55	Alojamiento	Bajo	128	126	129	120	136
56	Actividades de servicios de comidas y bebidas	Bajo	1,466	1,524	1,489	1,453	1,519
58	Actividades de edición	Medio-alto	40	20	19	19	17
59	Actividades cinematográficas, de video y producción de programas de televisión, grabación de sonido y edición de música	Medio-alto	14	15	13	14	16
60	Actividades de programación, transmisión y/o difusión	Medio-alto	23	22	22	17	18
61	Telecomunicaciones	Alto	283	225	219	201	174
62	Desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas), consultoría informática y actividades relacionadas	Alto	36	64	80	87	92

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
63	Actividades de servicios de información	Alto	10	5	4	7	6
64	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y de pensiones	Alto	225	243	224	226	234
65	Seguros (incluso el reaseguro), seguros sociales y fondos de pensiones, excepto la seguridad social	Alto	67	66	63	57	64
66	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros	Alto	16	17	14	20	19
68	Actividades inmobiliarias	Bajo	259	260	280	297	282
69	Actividades jurídicas y de contabilidad	Alto	166	170	191	206	194
70	Actividades de administración empresarial; actividades de consultoría de gestión	Alto	52	49	48	49	66
71	Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	Alto	91	89	92	83	100
72	Investigación científica y desarrollo	Alto	8	8	9	9	8
73	Publicidad y estudios de mercado	Alto	90	77	85	81	84
74	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas	Alto	77	98	111	115	107
75	Actividades veterinarias	Alto	14	17	15	16	21
77	Actividades de alquiler y arrendamiento	Alto	48	53	55	50	49
78	Actividades de empleo	Alto	40	38	37	38	38
79	Actividades de las agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reserva y actividades relacionadas	Alto	25	29	34	29	30
80	Actividades de seguridad e investigación privada	Alto	94	103	106	103	105

Código CIU (2 dígitos)	Descripción CIU	Nivel de intensidad de digitalización	Número de trabajadores (miles)				
			2015	2016	2017	2018	2019
81	Actividades de servicios a edificios y paisajismo (jardines, zonas verdes)	Alto	374	399	399	395	372
82	Actividades administrativas y de apoyo de oficina y otras actividades de apoyo a las empresas	Alto	160	190	206	207	209
84	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	Medio-alto	617	649	624	681	649
85	Educación	Medio-bajo	928	955	930	928	951
86	Actividades de atención de la salud humana	Medio-bajo	620	648	647	663	673
87	Actividades de atención residencial medicalizada	Medio-bajo	55	26	29	30	25
88	Actividades de asistencia social sin alojamiento	Medio-bajo	204	227	257	231	232
90	Actividades creativas, artísticas y de entretenimiento	Medio-alto	59	59	56	61	60
91	Actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales	Medio-alto	11	15	15	16	16
92	Actividades de juegos de azar y apuestas	Medio-alto	124	122	108	116	111
93	Actividades deportivas y actividades recreativas y de esparcimiento	Medio-alto	131	131	141	138	122
94	Actividades de asociaciones	Alto	123	128	119	133	134
95	Mantenimiento y reparación de computadores, efectos personales y enseres domésticos	Alto	252	262	258	261	263
96	Otras actividades de servicios personales	Alto	529	547	605	619	629
97	Actividades de los hogares individuales como empleadores de personal doméstico	Bajo	784	696	682	672	724
99	Actividades de organizaciones y entidades extra-territoriales	Bajo	3	5	5	5	4

Tabla 18. Número de empleados por rama de actividad y nivel de digitalización

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.00300	7127	Mecánicos montadores de aire acondicionado y refrigeración
0.00300	7232	Mecánicos y reparadores de sistemas y motores de aeronaves
0.00300	1112	Directores del gobierno
0.00300	7312	Fabricantes y afinadores de instrumentos musicales
0.00300	7421	Mecánicos y reparadores en electrónica
0.00300	7413	Instaladores y reparadores de líneas eléctricas
0.00330	2266	Fonoaudiólogos y terapeutas del lenguaje
0.00350	2635	Profesionales del trabajo social y consejeros
0.00360	2261	Odontólogos
0.00390	2265	Dietistas y nutricionistas
0.00390	1411	Gerentes de hoteles
0.00400	2653	Coreógrafos y bailarines
0.00410	2434	Profesionales de ventas de tecnología de la información y las comunicaciones
0.00420	2351	Especialistas en métodos pedagógicos
0.00430	2634	Psicólogos
0.00440	2341	Profesores de educación primaria
0.00460	2269	Otros profesionales de la salud no clasificados en otros grupos primarios
0.00670	1344	Directores de servicios de bienestar social
0.00680	2621	Archivistas y curadores de arte
0.00710	3423	Instructores de educación física y actividades recreativas
0.00730	1342	Directores de servicios de salud
0.00740	2342	Profesores de primera infancia
0.00780	2330	Profesores de educación secundaria
0.00810	2132	Agrónomos, silvicultores, zootecnistas y afines
0.00810	2636	Profesionales religiosos
0.00850	2359	Otros profesionales de la educación no clasificados en otros grupos primarios
0.00880	2320	Profesores de formación profesional
0.01000	2144	Ingenieros mecánicos
0.01000	1345	Directores de servicios de educación
0.01200	2262	Farmacéuticos
0.01300	3422	Entrenadores, instructores y árbitros de actividades deportivas

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.01300	1221	Directores de ventas y comercialización
0.01400	3341	Supervisores de oficina
0.01400	2424	Profesionales en formación y desarrollo de personal
0.01400	2356	Instructores de tecnología de la información
0.01400	2114	Geólogos y geofísicos
0.01500	1113	Jefes de comunidades étnicas
0.01500	1120	Directores y gerentes generales
0.01500	2511	Analistas de sistemas
0.01500	2652	Compositores, músicos y cantantes
0.01500	1341	Directores de servicios de cuidados infantiles
0.01600	2352	Profesores de educación especial e inclusiva
0.01600	3122	Supervisores de industrias manufactureras
0.01700	2145	Ingenieros químicos
0.01800	2161	Arquitectos constructores
0.01800	1223	Directores de investigación y desarrollo
0.01800	2143	Ingenieros medioambientales
0.01900	2142	Ingenieros civiles
0.02000	2230	Profesionales de medicina tradicional y alternativa
0.02000	3255	Técnicos y asistentes terapeutas
0.02100	3431	Fotógrafos
0.02100	2264	Fisioterapeutas
0.02100	2113	Químicos
0.02200	3432	Diseñadores y decoradores de interiores
0.02500	2152	Ingenieros electrónicos
0.02500	2153	Ingenieros de telecomunicaciones
0.02700	2131	Biólogos, botánicos, zoólogos y afines
0.02900	8331	Conductores de buses, microbuses y tranvías
0.02900	8332	Conductores de camiones y vehículos pesados
0.02900	8344	Operadores de montacargas
0.02900	3257	Inspectores de seguridad, salud ocupacional, medioambiental y afines
0.02900	2141	Ingenieros industriales y de producción
0.02900	8321	Conductores de motocicletas
0.02900	3151	Oficiales maquinistas en navegación
0.02900	5112	Revisores y cobradores de los transportes públicos

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.02900	9611	Recolectores de basura y material reciclable
0.02900	3240	Técnicos y asistentes veterinarios
0.03000	2521	Diseñadores y administradores de bases de datos
0.03000	1321	Directores de industrias manufactureras
0.03000	1219	Directores de administración y servicios no clasificados en otros grupos primarios
0.03000	2522	Administradores de sistemas
0.03000	3514	Técnicos de la Web
0.03300	2133	Profesionales de la protección medioambiental
0.03500	2651	Escultores, pintores artísticos y afines
0.03500	7391	Artesanos de papel
0.03500	7341	Cesteros y mimbreros
0.03500	2611	Abogados
0.03500	1330	Directores de servicios de tecnología de la información y las comunicaciones
0.03700	2163	Diseñadores de productos y de prendas
0.03700	3332	Organizadores de conferencias y eventos
0.03700	2149	Ingenieros no clasificados en otros grupos primarios
0.03800	2250	Veterinarios
0.03900	1222	Directores de publicidad y relaciones públicas
0.04000	2633	Filósofos, historiadores y especialistas en ciencias políticas
0.04000	3312	Analistas de préstamos y créditos
0.04500	2162	Arquitectos paisajistas
0.04700	7549	Otros oficiales, operarios y oficios relacionados no clasificados en otros grupos primarios
0.04700	1312	Directores de producción de piscicultura y pesca
0.04700	1311	Directores de producción agropecuaria y silvicultura
0.04900	3258	Técnicos en atención prehospitalaria
0.05500	2641	Autores y otros escritores
0.05700	5113	Guías
0.05800	3221	Técnicos y profesionales del nivel medio en enfermería
0.05900	2632	Sociólogos, antropólogos y afines
0.06000	2619	Profesionales en derecho no clasificados en otros grupos primarios
0.06900	1346	Gerentes de sucursales de bancos, de servicios financieros y de seguros
0.06900	1211	Directores financieros
0.07100	7111	Constructores de casas

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.07100	1323	Directores de empresas de construcción
0.07500	3322	Representantes comerciales
0.07500	3311	Agentes de bolsa, cambio y otros servicios financieros
0.07600	5322	Trabajadores de los cuidados personales a domicilio
0.07600	5162	Acompañantes
0.07600	5164	Cuidadores de animales
0.07600	5311	Cuidadores de niños
0.08000	3351	Agentes de aduana e inspectores de frontera
0.08000	3353	Agentes de servicios de seguridad social
0.08200	2166	Diseñadores gráficos y multimedia
0.08300	1412	Gerentes de restaurantes
0.09100	1431	Gerentes de centros deportivos, de esparcimiento y culturales
0.09900	4221	Empleados y consultores de viajes
0.10000	2151	Ingenieros electricistas
0.10000	2111	Físicos y astrónomos
0.10000	2656	Locutores de radio, televisión y otros medios de comunicación
0.10000	3434	Chefs
0.11000	2642	Periodistas
0.11000	3154	Controladores de tráfico aéreo y marítimo
0.13000	2354	Otros profesores de música
0.13000	2353	Otros profesores de idiomas
0.13000	2512	Desarrolladores de software
0.13000	2164	Planificadores urbanos, regionales y de tránsito
0.13000	5165	Instructores de conducción
0.13000	3412	Trabajadores y asistentes sociales
0.13000	2355	Otros profesores de artes
0.13000	2421	Analistas de gestión y organización
0.13000	3521	Técnicos de radiodifusión y grabación audio visual
0.14000	2146	Ingenieros de minas, metalúrgicos y afines
0.14000	2267	Optómetras
0.14000	2240	Paramédicos e instrumentadores quirúrgicos
0.15000	7411	Electricistas de obras y afines
0.16000	1114	Dirigentes de organizaciones con un interés específico (partidos políticos, sindicatos y organizaciones sociales)
0.16000	5221	Comerciantes de tiendas

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.16000	1343	Directores de servicios de atención a personas mayores
0.16000	1420	Gerentes de comercios al por mayor y al por menor
0.17000	2263	Profesionales de la salud y la higiene laboral y ambiental
0.17000	3121	Supervisores de minas
0.17000	5411	Bomberos y rescatistas
0.17000	3123	Supervisores de la construcción
0.18000	7541	Buzos
0.18000	2432	Profesionales de relaciones públicas
0.18000	3153	Pilotos de aviación y afines
0.21000	4224	Recepcionistas de hoteles
0.23000	2120	Matemáticos, actuarios y estadísticos
0.23000	2413	Analistas financieros
0.23000	2422	Profesionales en políticas de administración
0.24000	3339	Agentes de servicios comerciales no clasificados en otros grupos primarios
0.24000	3116	Técnicos en química industrial
0.25000	1322	Directores de explotaciones de minería
0.25000	2433	Profesionales de ventas técnicas y médicas (excluyendo las TIC)
0.25000	1439	Otros gerentes de servicios no clasificados en otros grupos primarios
0.25000	1349	Directores y gerentes de servicios profesionales no clasificados en otros grupos primarios
0.25000	1213	Directores de políticas y planificación
0.27000	7311	Mecánicos y reparadores de instrumentos de precisión
0.27000	3152	Capitanes, oficiales de cubierta y prácticos
0.28000	5222	Supervisores de tiendas y almacenes
0.28000	4212	Receptores de apuestas y afines
0.28000	3421	Atletas y deportistas
0.30000	3256	Asistentes médicos
0.30000	3141	Técnicos en ciencias biológicas (excluyendo la medicina)
0.31000	3411	Técnicos y profesionales del nivel medio del derecho de servicios legales y afines
0.31000	2654	Directores y productores de cine, de teatro y afines
0.34000	3211	Técnicos en aparatos de diagnóstico y tratamiento médico
0.34000	3355	Inspectores de policía y detectives
0.34000	3259	Otros técnicos y profesionales del nivel medio de la salud, no clasificados en otros grupos primarios

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.35000	5111	Personal de servicio a pasajeros
0.35000	7126	Fontaneros e instaladores de tuberías
0.36000	3139	Técnicos en control de procesos no clasificados en otros grupos primarios
0.37000	5163	Personal de servicios funerarios y embalsamadores
0.37000	2655	Actores
0.37000	9311	Obreros y peones de minas y canteras
0.37000	9122	Lavadores de vehículos
0.37000	8181	Operadores de máquinas y de instalaciones para elaborar productos de vidrio y cerámica
0.37000	9112	Aseadores de oficinas, hoteles y otros establecimientos
0.38000	2643	Traductores, intérpretes y otros lingüistas
0.38000	3115	Técnicos en ingeniería mecánica
0.38000	9321	Empacadores manuales
0.39000	7534	Tapiceros, colchoneros y afines
0.39000	2622	Bibliotecarios, documentalistas y afines
0.41000	7516	Preparadores y elaboradores de tabaco y sus productos
0.41000	7535	Apelambradores, pellejeros y curtidores
0.42000	3143	Técnicos forestales
0.43000	2631	Economistas
0.45000	3214	Técnicos de prótesis médicas y dentales
0.46000	3354	Agentes gubernamentales de expedición de licencias
0.47000	5321	Trabajadores de los cuidados personales en instituciones
0.47000	2423	Profesionales de gestión de talento humano
0.48000	3119	Técnicos en ciencias físicas y en ingeniería no clasificados en otros grupos primarios
0.48000	7542	Dinamiteros y pegadores
0.48000	2514	Programadores de aplicaciones
0.50000	3343	Secretarios administrativos y ejecutivos
0.51000	5242	Demostradores de tiendas, almacenes y afines
0.51000	3251	Higienistas y asistentes odontológicos
0.52000	3118	Delineantes y dibujantes técnicos
0.52000	7536	Zapateros y afines
0.52000	7331	Tejedores con telares

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.53000	7119	Oficiales y operarios de la construcción de obra gruesa y afines no clasificados en otros grupos primarios
0.55000	4222	Empleados de centros de llamadas
0.56000	5312	Auxiliares de maestros
0.57000	6224	Cazadores y tramperos
0.57000	6113	Agricultores y trabajadores calificados de huertas, invernaderos, viveros y jardines
0.57000	5412	Policías
0.57000	6112	Agricultores y trabajadores calificados de plantaciones de árboles y arbustos
0.57000	6114	Agricultores y trabajadores calificados de cultivos mixtos
0.57000	6221	Trabajadores de explotaciones de acuicultura
0.57000	6121	Criadores de ganado y trabajadores de la cría de animales domésticos (excepto aves de corral)
0.57000	3111	Técnicos en ciencias físicas y químicas
0.57000	6222	Pescadores de agua dulce y en aguas costeras
0.57000	7544	Fumigadores y otros controladores de plagas y malas hierbas
0.57000	6111	Agricultores y trabajadores calificados de cultivos extensivos
0.57000	6130	Productores y trabajadores calificados de explotaciones agropecuarias mixtas cuya producción se destina al mercado
0.58000	2412	Asesores financieros y de inversiones
0.59000	1324	Directores de empresas de abastecimiento, distribución y afines
0.59000	3433	Técnicos en galerías de arte, museos y bibliotecas
0.60000	5413	Guardianes de prisión
0.61000	7212	Soldadores y oxicortadores
0.61000	3435	Otros técnicos y profesionales del nivel medio en actividades culturales y artísticas
0.61000	7514	Operarios de la conservación de frutas, legumbres, verduras y afines
0.61000	2431	Profesionales de la publicidad y la comercialización
0.62000	8350	Marineros de cubierta y afines
0.63000	3112	Técnicos en ingeniería civil
0.63000	7412	Mecánicos y ajustadores electricistas
0.64000	4321	Empleados de control de abastecimientos e inventario
0.64000	7532	Patronistas y cortadores de tela, cuero y afines
0.64000	9622	Personas que realizan trabajos varios
0.64000	2612	Jueces

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.64000	9334	Surtidores de estanterías
0.66000	3314	Técnicos y profesionales del nivel medio de servicios estadísticos, matemáticos y afines
0.66000	9123	Lavadores de ventanas
0.66000	9329	Obreros y peones de la industria manufacturera no clasificados en otros grupos primarios
0.66000	5153	Conserjes y afines
0.67000	8171	Operadores de instalaciones para la preparación de pasta para papel y papel
0.67000	5419	Personal de los servicios de protección no clasificados en otros grupos primarios
0.67000	2112	Meteorólogos
0.69000	9111	Personal doméstico
0.70000	4229	Otros empleados de servicios de información al cliente no clasificados en otros grupos primarios
0.71000	3254	Técnicos en optometría y ópticas
0.71000	8157	Operadores de máquinas de lavandería
0.72000	9333	Obreros y peones de carga
0.72000	7115	Carpinteros de armar y de obra blanca
0.73000	8152	Operadores de telares y otras máquinas tejedoras
0.73000	7125	Cristaleros
0.74000	4414	Escribientes públicos y afines
0.75000	7122	Enchapadores, parqueteros y colocadores de suelos
0.75000	7131	Pintores y empapeladores
0.77000	7222	Herramientitas y afines
0.77000	5132	Bármanes
0.78000	3511	Técnicos en operaciones de tecnología de la información y las comunicaciones
0.78000	5329	Trabajadores de los cuidados personales en servicios de salud no clasificados en otros grupos primarios
0.78000	3134	Operadores de instalaciones de refinación de petróleo y gas natural
0.79000	8341	Operadores de maquinaria agrícola y forestal móvil
0.79000	7231	Mecánicos y reparadores de vehículos de motor
0.79000	5142	Especialistas en tratamientos de belleza y afines
0.80000	5141	Peluqueros
0.81000	9121	Lavaderos y planchadores manuales
0.81000	4131	Operadores de máquinas de procesamiento de texto y mecanógrafos

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.81000	9411	Cocineros de comidas rápidas
0.82000	8211	Ensambladores de maquinaria mecánica
0.82000	7112	Albañiles
0.82000	7213	Chapistas y caldereros
0.83000	9129	Otro personal de limpieza no clasificados bajo otros grupos primarios
0.83000	6340	Pescadores, cazadores, tramperos y recolectores de subsistencia
0.83000	5245	Expendedores de combustibles para vehículos
0.83000	7322	Impresores
0.83000	6223	Pescadores de alta mar
0.83000	7124	Instaladores de material aislante y de insonorización
0.83000	8312	Guardafrenos, guardaguas y agentes de maniobras
0.83000	9216	Obreros y peones de pesca y acuicultura
0.83000	8114	Operadores de máquinas para fabricar cemento y otros productos minerales
0.83000	7113	Labrantes, tronzadores y grabadores de piedra
0.83000	5230	Cajeros de comercio, taquilleros y expendedores de boletas
0.84000	3113	Electrotécnicos
0.84000	7123	Revocadores
0.84000	4413	Codificadores de datos, correctores de pruebas de imprenta y afines
0.84000	3522	Técnicos de ingeniería de las telecomunicaciones
0.84000	7531	Sastres, modistos, peleteros y sombrereros
0.84000	3114	Técnicos en electrónica
0.84000	3155	Técnicos en seguridad aeronáutica
0.85000	9624	Acarreadores de agua y recolectores de leña
0.85000	8113	Perforadores y sondistas de pozos y afines
0.85000	3133	Controladores de instalaciones de procesamiento de productos químicos
0.85000	9625	Recolectores de dinero y surtidores de máquinas de venta automática
0.86000	5131	Meseros
0.86000	4419	Otro personal de apoyo administrativo no clasificados en otros grupos primarios
0.86000	3132	Operadores de incineradores, instalaciones de tratamiento de agua y afines
0.86000	8172	Operadores de instalaciones de procesamiento de la madera
0.86000	7233	Mecánicos y reparadores de máquinas agrícolas e industriales
0.87000	9412	Ayudantes de cocina

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.87000	6210	Trabajadores forestales calificados y afines
0.87000	9215	Obreros y peones forestales
0.87000	3323	Agentes de compras
0.88000	8189	Otros operadores de máquinas y de instalaciones fijas no clasificados en otros grupos primarios
0.88000	7513	Operarios de la elaboración de productos lácteos
0.88000	8131	Operadores de plantas y máquinas de productos químicos
0.88000	9313	Obreros y peones de la construcción de edificios
0.88000	2165	Cartógrafos y topógrafos
0.88000	4322	Empleados de servicios de apoyo a la producción
0.88000	3135	Operadores de procesos de producción de metales
0.89000	3344	Secretarios médicos
0.89000	7512	Panaderos, pasteleros y confiteros
0.89000	9312	Obreros y peones de obras públicas y mantenimiento
0.89000	7215	Aparejadores y empalmadoras de cables
0.89000	8153	Operadores de máquinas de coser
0.89000	8182	Operadores de máquinas de vapor y calderas
0.90000	7214	Montadores de estructuras metálicas
0.90000	7314	Alfareros y ceramistas (barro y arcilla)
0.90000	3212	Técnicos de laboratorios médicos
0.90000	7121	Techadores
0.90000	4416	Empleados del servicio de personal
0.90000	8343	Operadores de grúas, aparatos elevadores y afines
0.91000	7132	Barnizadores y afines
0.91000	8122	Operadores de máquinas pulidoras, galvanizadoras y recubridoras de metales
0.91000	3117	Técnicos de minas y metalurgia
0.91000	5246	Vendedores de comidas al mostrador
0.91000	8142	Operadores de máquinas para fabricar productos de material plástico
0.91000	3252	Técnicos en documentación sanitaria
0.91000	7522	Ebanistas y carpinteros (excluye carpinteros de armar y de obra blanca)
0.91000	8121	Operadores de instalaciones de procesamiento de metales
0.92000	8342	Operadores de máquinas de movimiento de tierras, construcción de vías y afines
0.92000	3213	Técnicos y asistentes farmacéuticos
0.92000	3321	Agentes de seguros

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.93000	3352	Agentes de administración tributaria
0.93000	9612	Clasificadores de desechos
0.93000	7221	Herreros y forjadores
0.93000	8160	Operadores de máquinas para elaborar alimentos y productos afines
0.93000	7511	Carniceros, pescaderos y afines
0.93000	7422	Instaladores y reparadores en tecnología de la información y las comunicaciones
0.94000	5151	Supervisores de mantenimiento y limpieza en oficinas, hoteles y otros establecimientos
0.94000	7234	Reparadores de bicicletas y afines
0.94000	8111	Mineros y operadores de instalaciones mineras
0.94000	5152	Mayordomos domésticos
0.94000	8141	Operadores de máquinas para fabricar productos de caucho
0.94000	2411	Contadores
0.94000	9520	Vendedores ambulantes (excluyendo comidas de preparación inmediata)
0.94000	9331	Conductores de vehículos accionados a pedal o a brazo
0.94000	5211	Vendedores de quioscos y de puestos de mercado
0.94000	3359	Agentes de gobierno y profesionales del nivel medio para la aplicación de regulaciones no clasificados en otros grupos primarios
0.94000	4412	Empleados de servicios de correos
0.94000	7515	Catadores y clasificadores de alimentos y bebidas
0.94000	5243	Vendedores puerta a puerta
0.94000	4227	Entrevistadores de encuestas y de investigaciones de mercados
0.94000	5212	Vendedores ambulantes de alimentos preparados para consumo inmediato
0.94000	9621	Mensajeros, mandaderos, maleteros y repartidores
0.94000	7114	Operarios en cemento armado, enfoscadores y afines
0.95000	4214	Cobradores y afines
0.95000	6122	Avicultores y trabajadores calificados de la avicultura
0.95000	7323	Encuadernadores y afines
0.95000	9214	Obreros y peones de jardinería y horticultura
0.95000	7211	Moldeadores y macheros
0.95000	7361	Joyereros
0.95000	6129	Criadores y trabajadores pecuarios calificados, avicultores y criadores de insectos no clasificados en otros grupos primarios
0.95000	5414	Guardias de seguridad

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.95000	7521	Operarios del tratamiento de la madera
0.95000	8143	Operadores de máquinas para fabricar productos de papel
0.95000	6123	Criadores y trabajadores calificados de la apicultura y la sericultura
0.95000	3131	Operadores de plantas de producción de energía
0.96000	4120	Secretarios generales
0.96000	8151	Operadores de máquinas de preparación de fibras, hilado y devanado
0.96000	7533	Costureros, bordadores y afines
0.96000	8311	Maquinistas de locomotoras
0.96000	4225	Empleados de ventanillas de informaciones
0.96000	1212	Directores de recursos humanos
0.96000	5120	Cocineros
0.96000	4110	Oficinistas generales
0.96000	4223	Telefonistas
0.96000	4323	Empleados de servicios de transporte
0.96000	4226	Recepcionistas generales
0.97000	9629	Otras ocupaciones elementales no clasificadas en otros grupos primarios
0.97000	5249	Otros vendedores no clasificados en otros grupos primarios
0.97000	5169	Otros trabajadores de servicios personales no clasificados en otros grupos primarios
0.97000	7321	Preimpresiones y afines
0.97000	4415	Empleados de archivos
0.97000	8212	Ensambladores de equipos eléctricos y electrónicos
0.97000	4313	Auxiliares encargados de las nóminas
0.97000	8219	Ensambladores no clasificados bajo otros grupos primarios
0.97000	3142	Técnicos agropecuarios
0.97000	7224	Pulidores de metales y afiladores de herramientas
0.97000	8154	Operadores de máquinas de blanqueamiento, teñido y limpieza de tejidos
0.97000	8112	Operadores de instalaciones de procesamiento de minerales y rocas
0.97000	3333	Agentes de empleo y contratistas de mano de obra
0.97000	7523	Ajustadores y operadores de máquinas para trabajar madera
0.97000	7315	Sopladores, modeladores, laminadores, cortadores y pulidores de vidrio
0.97000	8156	Operadores de máquinas para la fabricación de calzado y afines
0.97000	3334	Agentes inmobiliarios

Probabilidad Automatización	CIUO 08 AC	Nombre CIUO 08 A.C
0.98000	5223	Vendedores y auxiliares de venta en tiendas, almacenes y afines
0.98000	5241	Modelos de moda, arte y publicidad
0.98000	7543	Clasificadores y probadores de productos (excluyendo alimentos y bebidas)
0.98000	3315	Tasadores y evaluadores
0.98000	4312	Auxiliares de servicios estadísticos, financieros y de seguros
0.98000	4211	Cajeros de bancos y afines
0.98000	8183	Operadores de máquinas de embalaje, embotellamiento y etiquetado
0.98000	8323	Conductores de camionetas y vehículos livianos
0.98000	4311	Auxiliares de contabilidad y cálculo de costos
0.98000	3342	Secretarios jurídicos
0.98000	3313	Técnicos de contabilidad y afines
0.98000	7316	Rotulistas, pintores decorativos y grabadores
0.98000	3331	Declarantes o gestores de aduana
0.98000	7223	Ajustadores y operadores de máquinas herramientas
0.99000	3324	Agentes de operaciones comerciales y consignatarios
0.99000	5244	Vendedores a través de medios tecnológicos
0.99000	4132	Grabadores de datos
0.99000	8132	Operadores de máquinas para fabricar productos fotográficos
0.99000	4411	Empleados de bibliotecas

13. Referencias

1. OCDE (2018). A taxonomy of digital intensive sectors.
2. OECD (2019) Cómo medir la transformación digital: HOJA DE RUTA PARA EL FUTURO
3. Cardenas, J. A. (2020). A Web-Based Approach to Measure Skill Mismatches and Skills Profiles for a Developing Country: The Case of Colombia. Editorial Universidad del Rosario.
4. <https://insights.dice.com/2020/12/02/a-i-specialist-robotics-engineer-top-emerging-jobs-list/>
5. https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_U.S._FINAL.pdf
6. <https://wire19.com/emerging-jobs-tech-student-should-try/>
7. <https://101blockchains.com/blockchain-jobs-report/>
8. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-market>
9. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/Global_Trends_in_Artificial_Intelligence_and_Their_Implications_for_the_Energy_Industry.pdf

10. <https://dapre.presidencia.gov.co/TD/CONSEJO-INTERNACIONAL-INTELIGENCIA-ARTIFICIAL-COLOMBIA.pdf>
11. <https://sloanreview.mit.edu/article/will-ai-create-as-many-jobs-as-it-eliminates/>
12. <https://www.bestcolleges.com/blog/future-proof-industries-artificial-intelligence/>
13. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/augmented-reality-market>
14. <https://www.vxchnge.com/blog/augmented-reality-statistics>
15. Kambarov, I., Rustamov, A., Inoyatkhodjaev, J., y Hoshimov, A. (2018). The Path to Industry 4.0. Creation of Learning Factory for education students of technical universities in Uzbekistan. Researchgate.
16. Katarzyna, G., y Lupicka. A. (2018). Key competencies for Industry 4.0. VOLKSON PRESS. Economics & Management Innovations (ICEMI).
17. Shamim, S., Cang, S., Yu, H., y Yun L. (2017). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management Perspective. ResearchGate.
18. <https://mobidev.biz/blog/augmented-reality-future-trends-2018-2020>
19. https://www.rutanmedellin.org/images/biblioteca/observatorioicti/04_TIC/VT_REALIDAD-VIRTUAL-Y-AUMENTADA_TECNNOVA.pdf
20. <https://www.nationalskillsnetwork.in/5-emerging-careers-in-augmented-reality-ar-and-virtual-reality-vr/>
21. <https://circuitstream.com/blog/xr-jobs-in-demand/>
22. <https://www.colombiafintech.co/novedades/las-seis-tendencias-de-blockchain-mas-importantes-en-2021>.
23. <https://www.bitdeal.net/blockchain-technology-in-2020>
24. Shamim, S., Cang, S., Yu, H., y Yun L. (2017). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management Perspective. ResearchGate.
25. Veile, J., Kiel, D., Marius, D., y Voigt, K. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. Journal of Manufacturing.
26. Katarzyna, G., y Lupicka. A. (2018). Key competencies for Industry 4.0. VOLKSON PRESS. Economics & Management Innovations (ICEMI).
27. Kambarov, I., Rustamov, A., Inoyatkhodjaev, J., y Hoshimov, A. (2018). The Path to Industry 4.0. Creation of Learning Factory for education students of technical universities in Uzbekistan. Researchgate.
28. <https://trustnet.com.mx/2020/11/11/que-es-multicloud/>.
29. <https://www.ibm.com/mx-es/cloud/what-is-edge-computing#:~:text=La%20computaci%C3%B3n%20de%20borde%20es%20una%20infraestructura%20de,dispositivos%20de%20IoT%20o%20servidores%20locales%20de%20borde>.
30. Microsoft Azure. <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-iaas/>.
31. <https://www.icm.es/2021/01/17/serverless-computing/#:~:text=Serverless%20computing%20es%20un%20m%C3%B3dulo%20o%20s%20ervicio,las%20necesidades%20del%20usuario%20o%20de%20la%20empresa>.
32. <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-native-apps/what-is-faas>.
33. <https://www.xataka.com/ordenadores/computacion-cuantica-que-es-de-donde-viene-y-que-ha-conseguido>.
34. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-computacion-cuantica>.
35. <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-computacion-cuantica>.
36. <https://www.xataka.com/ordenadores/computacion-cuantica-que-es-de-donde-viene-y-que-ha-conseguido>.
37. <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-realidad-virtual/>.
38. https://techlandia.com/usos-realidad-virtual-hechos_174899/.
39. <https://www.formadisseny.com/cuales-los-principales-usos-la-realidad-virtual-la-actualidad/>.
40. <https://www.formadisseny.com/cuales-los-principales-usos-la-realidad-vir>

- tual-la-actualidad/
41. <https://www.bbva.com/es/machine-learning-que-es-y-como-funciona/>.
 42. <https://www.brandnlabel.com/customer-experience/que-es-la-generacion-de-lenguaje-natural-o-nlg/>.
 43. <https://www.iic.uam.es/inteligencia/que-es-procesamiento-del-lenguaje-natural/>.
 44. <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/architecture/example-scenario/data/big-data-with-iot>.
 45. <https://www.ibertech.org/internet-de-las-cosas-iot-y-wearables/#:~:text=IoT%20abre%20por%20tanto%20diversas%20y%20amplias%20posibilidades,de%20medir%20alguna%20caracter%C3%ADstica%20con%20un%20fin%20concreto>.
 46. <https://www.prucomercialre.com/que-es-la-manufactura-avanzada/>.
 47. <https://www.caixabankresearch.com/es/economia-y-mercados/politica-monetaria/blockchain-y-criptomonedas-bienvenidos-al-nuevo-paradigma-0>.
 48. DortaMartínez. <https://dortamartinez.com/que-son-los-contratos-inteligentes/>.
 49. https://aldanayabogados.com/blockchain-propiedad-intelectual/#.YNny_bug9PY.
 50. <https://101blockchains.com/es/blockchain-como-servicio-baas/#:~:text=BAAS%20%28Blockchain%20As%20A%20Service%2FBlockchain%20Como%20Servicio%29%20es,sus%20soluciones%2C%20funciones%20y%20contratos%20inteligentes%20de%20blockchain>.
 51. <https://www.pragma.com.co/academia/conceptos/guia-rpa-conoce-la-solucion-robotica-para-automatizar-procesos>.
 52. <https://blog.infaimon.com/ingenieria-robotica-usos-aplicaciones/>.
 53. <https://blog.infaimon.com/ingenieria-robotica-usos-aplicaciones/>.
 54. <https://salaguamotors.com/top-10/que-es-la-biofabricacion-y-como-cambiar-el-mundo/>.
 55. <https://futuroelectrico.com/materiales-inteligentes/>.
 56. <https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-es-la-manufactura-aditiva>.
 57. Tomado de: <https://wire19.com/emerging-jobs-tech-student-should-try/>.
 58. LinkedIn. 2020 Emerging Jobs Report. 2020. Tomado: https://business.linkedin.com/content/dam/me/business/en-us/talent-solutions/emerging-jobs-report/Emerging_Jobs_Report_U.S._FINAL.pdf.



El futuro
es de todos

Gobierno
de Colombia

www.mintrabajo.gov.co

 @MinTrabajoCol  @MinTrabajoCol

 @MintrabajoCol  @MintrabajoCol

Fedesoft


THE ASPEN INSTITUTE

GLOBAL OPPORTUNITY
YOUTH NETWORK: BOGOTÁ

EL FUTURO ES JOVEN